



**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN INTERIOR EN  
EL SECTOR COMERCIAL PARA LOGRAR UNA MAYOR EFICIENCIA, UN MENOR  
CONSUMO Y UN AHORRO ENERGÉTICO**

**Autores**

**GERMAN CUADRO VIZCAINO**

**CRISTIAN CUESTA LEDESMA**

**Director**

**ING. JORGE BALAGUERA MANTILLA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA C U C  
BARRANQUILLA  
2011**



## INTRODUCCION

La búsqueda de alternativas que incentiven el ahorro energético impulsa oportunidades para trabajar, desarrollar e implementar mecanismos, diseños o programas con fines URE (Uso Racional de la Energía), esta base es la que alimenta el proyecto, encaminado a mitigar los impactos que trae consigo el mal uso de la energía eléctrica en el sistema de iluminación interior debido a la poca eficiencia con la que se utiliza en muchas ocasiones.

En el desarrollo de este proyecto se caracterizará diferentes tipos de lámparas comerciales utilizadas para iluminación interior; dentro de esta caracterización se incluye un diseño propio de lámpara, fruto de los estudios, inquietudes y la aplicación de principios matemáticos de la parábola afiliados al mismo.

Este proceso permite tener conocimiento técnico preciso del comportamiento y la eficiencia de cada tipo de lámpara.

Se realizarán pruebas de laboratorio para caracterizar varios tipos de lámparas comerciales permitiendo definir curvas de iluminación para iguales condiciones de utilización físico-mecánicas, además, se entregarán conclusiones mediante tablas comparativas para precisar el comportamiento de la eficiencia energética en las diferentes pruebas separando este tema del decorativo.

Dentro de los elementos del cuadro comparativo se tendrá como referentes, el nivel de iluminación, la distribución de la iluminación con manejo similar al diagrama polar de intensidad y el consumo en Vatios de energía.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	2
TABLA DE FIGURAS.....	5
TABLA DE GRAFICAS .....	7
TABLAS.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACION .....	14
3. OBJETIVOS .....	16
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	16
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	16
4. DELIMITACIONES .....	17
4.1. DELIMITACION TEMPORAL .....	17
4.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	17
5. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	18
6. MARCOS REFERENCIALRES.....	19
6.1 MARCO TEORICO .....	19
6.1.1. ANTECEDENTES Y TEORIAS BASICAS DEL PROBLEMA .....	19
6.1.2. DEFICION DE TERMINOS BASICOS (MARCO CONCEPTUAL).....	51
6.1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	54
6.2. MARCO HISTORICO.....	56
7. DISEÑO METODOLOGICO .....	61
7.1. TIPO DE ESTUDIO.....	61
7.2. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION.....	62

7.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION .....	63
7.4. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	64
7.4.1. MEDICION LUMINARIA CONVENCIONAL .....	65
7.4.2. MEDICIÓN LUMINARIA CON PARÁBOLA DE 27 CM .....	68
7.4.3. MEDICION LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA REFLETORA DE ACERO.....	71
7.4.4. MEDICIÓN LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA REFLECTORA DE ACERO 2X28 W T5.....	74
8. ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS.....	78
9. CONCLUSIONES.....	91
10. REFERENCIAS.....	93
ANEXOS.....	95

## TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Efecto del flujo luminoso de una lámpara de 25 (W) y 60(W) [3] .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Dirección de flujo luminoso [4].....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3. Flujo e intensidad luminosa [3] .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4. Flujo luminoso (Lm) emitido por una fuente en una determinada dirección y por ángulo sólido. [5].....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Iluminancia .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. (Lm) incidente sobre una superficie por unidad de área de dicha superficie ..</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Directa Altamente Concentrada .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Semi directa .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Difusa .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 10. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Directo-Indirecto.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Semi-Indirecto.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 12. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Indirecta .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13. Clasificación de las lámparas .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14. Representación de una Lámpara Incandescente. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15. Representación de una Lámpara Fluorescente .....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16. Curva de Distribución Espectral Reproducida por Algunas Lámparas.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17. Lámpara Fluorescente de Arranque Instantáneo.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18. Lámpara Fluorescente de Arranque Rápido.....</i>	<i>39</i>

<i>Figura 19. Representación de una lámpara de vapor de mercurio .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 20. Representación de una Lámpara de Vapor de Sodio en Alta Presión .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 21. Representación de una Lámpara de Vapor de Sodio en Baja Presión .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 22. Representación de una Lámpara de Aditivos Metálicos .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23. Representación de una Lámpara de Luz Mixta .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 25. Eficacia de la Lámpara en Función del Tipo de Lámpara y Potencia Eléctrica [8].....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 26. Palmatoria siglo XI .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27. Lámpara de foco eléctrico 1879 THOMAS EDISON.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 28. Lámpara de AIMÉ ARGAND .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29. Lámpara Anglepoise De GEORGE CARWARDINE .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 30. Luxómetro .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 31. Pinza voltiamperimétrica .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 33. Área De Pruebas Y Medidas .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 34. PUNTOS DE MEDIDA LUMINARIA CONVENCIONAL .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 35. PUNTOS DE MEDIDA LUMINARIA PARÁBOLA DE 27 CM DE DIÁMETRO .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 36. PUNTOS DE MEDIDA LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA REFLECTORA DE ACERO .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 36. Puntos De Medida Luminaria Convencional Con Lamina De Acero Con Tubos 2x28 T5.....</i>	<i>77</i>

## TABLA DE GRAFICAS

<i>Grafica 1. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5.....</i>	<i>81</i>
<i>Grafica 2. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 1x28 W T5 .....</i>	<i>83</i>
<i>Grafica 3. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 2x28 W T5 .....</i>	<i>85</i>
<i>Grafica 4. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5 .....</i>	<i>86</i>
<i>Grafica 5. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5 .....</i>	<i>88</i>
<i>Grafica 6. Comparación Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5 .....</i>	<i>89</i>

## TABLAS

<i>Tabla 1. Flujo luminoso .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2. Intensidad Luminosa .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3. Iluminancia .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4. Luminancia.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5. Clasificación De Luminarias Según Curva De Distribución.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6. Clasificación de luminarias según Curva de distribución .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 7. Datos de Lámparas Incandescentes .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8. Datos de lámparas Fluorescentes .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 9. Datos de Lámparas Fluorescentes Compactas y Largas .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 10. Datos de las Lámparas de Mercurio .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 11. Datos de Lámparas de VSAP.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 12. Datos de Lámparas de VSBP.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 13. Datos de Lámparas de Aditivos Metálicos .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 14. Datos de Lámparas de luz Mixta .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 15. DATOS MEDICIÓN EN LUMINARIA CONVENCIONAL.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 16. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO .....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 17. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 18. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>67</i>



<i>Tabla 19. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 20. DATOS MEDICIÓN LUMINARIA PARÁBOLA DE 27 CM DE DIÁMETRO ....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 21. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 22. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 23. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 24. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 25. DATOS MEDICIÓN CON LUMINARIA CONVENCIONAL CON LÁMPARA REFLECTORA DE ACERO .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 26. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 27. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 28. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 29. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMTIDOS.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 30. DATOS MEDICIÓN LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA DE ACERO CON TUBOS 2X28 T5 .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 31. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO .....</i>	<i>75</i>

<i>Tabla 32. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 33. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 34. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 36. TABLA DE COMPARACIONES .....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 37. NIVELES DE ILUMINACION SUGERIDOS (Curso “Conceptos De Iluminación” ING. EDUARDO TIRAVANTI) .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 38. NIVELES DE ILUMINACION SUGERIDOS (Curso “Conceptos De Iluminación” ING. EDUARDO TIRAVANTI) .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 39. Comparación Lamina convencional 2x32 T8 y Lámpara diseñada con parábola de 27cm diámetro 1x28 W T5.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 40. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 1x28 W T5 .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 41. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 2x28 W T5 .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 42. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5 .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 43. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5 .....</i>	<i>87</i>

*Tabla 44. Comparación Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5 y*

*Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5 .....89*

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Podemos Identificar la forma de obtener una mayor eficiencia en sistemas de iluminación interior en el sector comercial mediante una caracterización energética?

La iluminación es un consumo que en sistemas productivos comerciales tiene un peso de cerca del cuarenta (40%) por ciento en el consumo total del usuario; en sistemas productivos industriales el consumo de energía en iluminación llega al Quince (15%) por ciento del consumo total. [1]

Existen diversas maneras de ahorrar energía, la iluminación interior es una de las más buscadas para llegar a este fin, por ello todo proyecto que ayude a conseguir esta meta será objeto de estudio. Ya no es un tema de años venideros, es un presente, el sector industrial busca con mas sinergia métodos que lo ayuden a ser más eficientes, consumiendo menos energía sin afectar la producción.

El sector comercial, punto de referencia de este proyecto por innumerables razones, es el sector que está más interesado en este tema, o mejor, al que en un mayor porcentaje afecta, sin mencionar que en muchas ocasiones el exceso de iluminación proporcionada por el sistema origina deslumbramiento perturbando la comodidad, tanto de las personas que van de paso por el lugar, como de las que trabajan influenciadas directamente por ese fenómeno, Por otro lado, si existe muy poca iluminación, provoca la fatiga visual a las personas afectadas, si está expuesta demasiado tiempo.[2]

Es allí donde la eficiencia del sistema de iluminación genera ambientes agradables, ergonómicamente correctos y energéticamente racionales.



Se debe tener en cuenta la reflexión que producirán las fuentes luminosas, las dimensiones que tendrá el área a iluminar, los niveles y formas de iluminar los objetos del local.

En el sector residencial, menos complicado, pero no menos importante también existen falencias que generan un consumo innecesario de energía, además de la falta de conciencia de las personas que habitan en el lugar que en varias ocasiones no apagan las iluminarias, colocan puntos de iluminación adicionales que se podrían evitar al tener un sistema más adecuado para las luces, sin omitir que la estética juega dentro de la manera como el sistema de iluminación sea mucho mas aceptado en cualquiera de los sectores en el que se implemente.

## 2. JUSTIFICACION

Es posible que muchas personas dueñas de empresas al tener pleno conocimiento del manejo dado a la iluminación en sus áreas de producción se encuentren preocupadas desde hace mucho tiempo por los costos energéticos que se presentan allí y quieran solucionar los problemas de insuficiencia lumínica en dichas áreas, para ello, se exponen ideas y desarrollan planes en búsqueda de remediar esta situación. Las pruebas que se realizarán, las comparaciones que se hagan y las mediciones que se tomen en este trabajo apuntan a la obtención de resultados y conclusiones que nos permitan visualizar las oportunidades de ahorro energético en el área.

La caracterización como tal es una de las herramientas esenciales en la obtención de metas con fines energéticos, es una etapa que permite de manera cuantitativa y cualitativa conseguir datos mediante su procedimiento con el fin de evaluar los procesos, los consumos y gastos que se generan a partir de la producción de energía, lo cual deja relucir la eficiencia del sistema.

Son numerosas las ventajas que ofrece esta técnica de trabajo, una de las mayores ventajas de los procedimientos establecidos en la caracterización energética es que a partir de muy poca información se obtienen conclusiones justificadas. Se puede llegar a un control de los lugares donde se desperdicia la energía no asociada a la producción y su magnitud, en el caso de la iluminación interior los vatios que se utilizan para encender las luminarias y los lúmenes que estos producen.

Se plantea un diseño de lámpara fundamentado en los principios matemáticos de la parábola, tratando de aprovechar de mejor forma la luz emitida por la lámpara reflejada en la carcasa de la luminaria, de manera que nos permita obtener una relación lúmenes / vatios eficaz y productiva.



Al realizar la caracterización energética incluyendo el diseño de lámpara propuesto se generan indicadores que pueden permitir la reducción de costos energéticos. Si tenemos en cuenta que, no solo basta con la sensibilización de las personas que se benefician de la electricidad, si no que con los resultados se implementan las soluciones para llegar a dicha reducción.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Identificar la forma de obtener una mayor eficiencia en sistemas de iluminación interior en el sector comercial mediante una caracterización energética, logrando una máxima relación de lúmenes producidos/vatios consumidos, alcanzando un menor consumo y un ahorro energético.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Realizar un estudio que permita obtener una máxima relación de lúmenes producidos/vatios consumidos en el sistema de iluminación interior, mediante mediciones que se efectuaran a distancias determinadas.
- ✓ Desarrollar el diseño de lámpara que permita aumentar la eficiencia del sistema de iluminación, ayude a la obtención de datos mediante las mediciones que se tomen, y al alcance de objetivos propuestos en el proyecto.
- ✓ Conseguir un ahorro energético gracias a la disminución de los vatios consumidos pero sin afectar la producción de lúmenes en el sistema de iluminación, alcanzando la eficiencia deseada por el mismo.



## **4. DELIMITACIONES**

### **4.1. DELIMITACION TEMPORAL**

Los datos utilizados en la realización de este proyecto y el desarrollo del mismo fueron obtenidos en un intervalo de 23 semanas, que equivalen a aproximadamente 6 meses, este lapso de tiempo fue comprendido entre el 7 de Febrero del 2011 hasta el 28 de junio de este mismo año.

### **4.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

La base del proyecto tiene como objetivo analizar los comportamientos de las luminarias mencionadas con anterioridad, en ambientes de trabajo y circulación de personal en el sector comercial.

Su locación principal tiene lugar en las oficinas de la empresa RESEARCH AND SERVICES ubicada en la carrera 50 No. 79-107 Barrio Alto Prado, en la ciudad de Barranquilla, Colombia.

## 5. ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente proyecto se encargara de comparar una luminaria convencional tipo T8 de 2x32 con esquemas diferentes en los cuales se aplican principios matemáticos para su diseño, la finalidad de estos esquemas o modelos es conocer la incidencia de rayos lumínicos sobre la superficie a iluminar tratando de aumentar la eficiencia de la luminaria, generando un ahorro por cada vatio menos que se consume.

Con el ánimo de alimentar la experiencia se plantean distintos diseños para las lámparas estudiadas (T8 y T5), como, el cambio de la lámina reflectora de la lámpara convencional por una lámina de acero de 90 centímetros, realizando la experiencia y tomando mediciones con un tubo y con dos tubos T5 para analizar los comportamientos de esta luminaria.

Se necesitara de una caracterización para obtener los datos con los cuales se trabajara, este método consiste en un análisis cualitativo y cuantitativo que permite ver las debilidades del sistema de iluminación y asociarlos con los datos del diseño que se realizó, para ver la relación de lúmenes producidos por los vatios consumidos.

## 6. MARCOS REFERENCIALRES

### 6.1 MARCO TEORICO

#### 6.1.1. ANTECEDENTES Y TEORIAS BASICAS DEL PROBLEMA

La luz, al igual que las ondas de radio, los rayos X o los Gamma es una forma de energía. Si la energía se mide en joule (J) en el Sistema Internacional, para qué necesitamos nuevas unidades. La razón es más simple de lo que parece. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume, por ejemplo, una lámpara incandescente se convierte en luz. Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.

#### FLUJO LUMINOSO

Para hacernos una primera idea consideraremos dos lámparas incandescentes, una de 25 W y otra de 60 W. Está claro que la de 60 W dará una luz más intensa. Pues bien, esta es la idea: ¿cuál luce más? ó dicho de otra forma ¿cuánto luce cada lámpara incandescente? [3]



Figura 1. Efecto del flujo luminoso de una lámpara de 25 (W) y 60(W) [3]

Cuando hablamos de 25 W o 60 W nos referimos sólo a la potencia consumida por la lámpara incandescente de la cual solo una parte se convierte en luz visible, es el llamado flujo luminoso. Podríamos medirlo en watts (W), pero parece más sencillo definir una nueva unidad, el lumen, que tome como referencia la radiación visible.

El flujo luminoso es la cantidad total de luz emitida por segundo. Se define también como la unidad de potencia de  $1/683$  (W) emitidos en la longitud de onda de 555 (nm) con una frecuencia de  $540 \times 10^{12}$  (Hz).

Se define el flujo luminoso como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a:

Tabla 1. Flujo luminoso

<b>Flujo luminoso</b>	símbolo: $\Phi$
	Unidad: <b>lumen(lm)</b>
	1 watt-luz a 555 nm = 683 lm

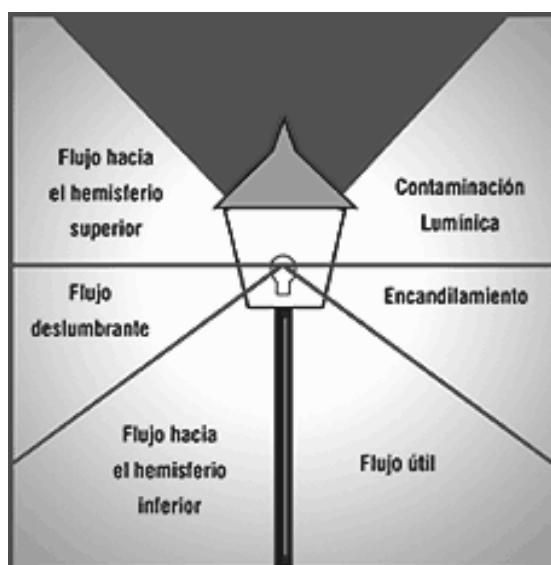


Figura 2. Dirección de flujo luminoso [4]

## INTENSIDAD LUMINOSA

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una lámpara, en todas las direcciones del espacio. Por el contrario, si pensamos en un proyector es fácil ver que sólo ilumina en una dirección. Parece claro que necesitamos conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso definimos la intensidad luminosa. [3]

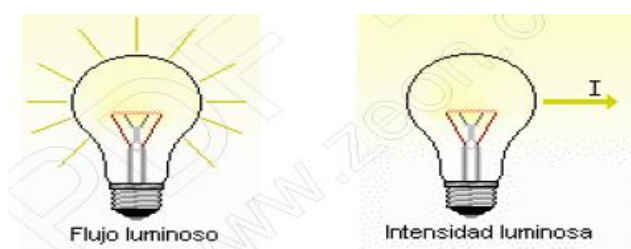


Figura 3. Flujo e intensidad luminosa [3]

Se conoce como intensidad luminosa de una fuente al flujo luminoso emitido por unidad de Angulo solido que contiene la dirección dada.

Tabla 2. Intensidad Luminosa

<b>Intensidad Luminosa</b>	Símbolo: <b>I</b>
	Unidad: <b>Candela (cd)</b>

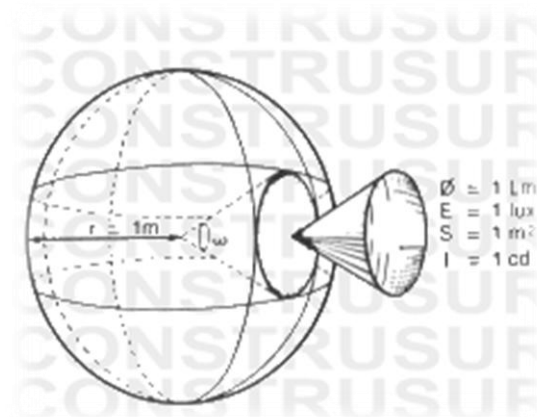


Figura 4. Flujo luminoso (Lm) emitido por una fuente en una determinada dirección y por ángulo sólido. [5]

**Ecuación 1.**

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Angulo solido}} = \frac{\phi}{w} = \frac{1 \text{ lm}}{1w} = 1 \text{ cd}$$

La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz. Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica.

La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y de la información relativa al flujo luminoso en su origen.

## **ANGULO SÓLIDO**

La unidad de ángulo sólido es el estereorradián, que puede definirse como:

En la superficie de una esfera de R (cm) de radio, cabe imaginarse un área de R<sup>2</sup> (cm<sup>2</sup>). Si el radio de la esfera se mueve, siguiendo el contorno de esa área, describirá un cono que contiene una unidad de ángulo sólido, o sea, un estereorradián [6] La medida del ángulo sólido se obtiene dividiendo el área por el cuadrado del radio, esto es:

**Ecuación 2.**

$$w = \frac{A(\text{cm}^2)}{R^2(\text{cm}^2)} \quad \text{Estereorradián}$$

Considerando que el área de toda superficie de una esfera es  $4\pi r^2$  tendríamos que el angulo solido alrededor del centro es

Ecuación 3.

$$w = \frac{4\pi r^2}{R^2}$$

## ILUMINANCIA

Quizás haya jugado alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna podemos ver esta fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia. [7]

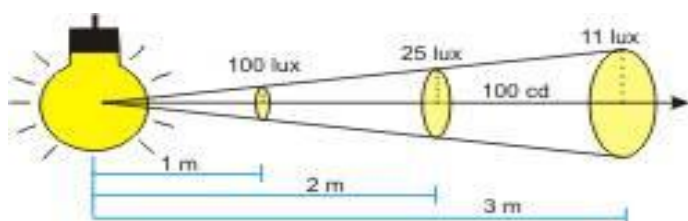


Figura 5. Iluminancia [11]

Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie:

Tabla 3. Iluminancia

<b>Iluminancia</b>	símbolo: <b>E</b>
	unidad: <b>Lux (lx)</b>

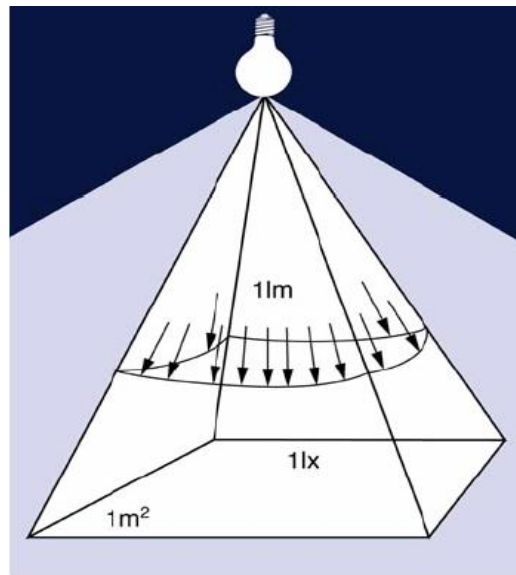
Ecuación 4.

$$Lux = \frac{lumen}{m^2}$$

El flujo emitido por una unidad luminosa (lámpara - reflector) proporciona una iluminación o iluminancia en una superficie, estos valores se miden en luxes.

De la definición de lumen se deduce que un Lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una luminancia de un Lux.

(Si un flujo de 1 lumen incide en un área de  $1 \text{ m}^2$ , la iluminancia en esta área es de 1 lux)



**Figura 6. (Lm) incidente sobre una superficie por unidad de área de dicha superficie [7]**

## LUMINANCIA

Hasta ahora hemos hablado de magnitudes que informan sobre propiedades de las fuentes de luz (flujo luminoso o intensidad luminosa) o sobre la luz que llega a una superficie (iluminancia). Pero no hemos dicho nada de la luz que llega al ojo que a fin de cuentas es la que vemos. De esto trata la luminancia. Tanto en el caso que veamos un foco luminoso como en el que veamos luz reflejada procedente de un cuerpo la definición es la misma. Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es  $L$  y su unidad es la  $\text{cd}/\text{m}^2$ .



Tabla 4. Luminancia

<b>Luminancia</b>	símbolo: <b>L</b>
	unidad: <b>Cd/m<sup>2</sup></b>

Ecuación 5.

$$L = \frac{I}{S_{APARENTE}} = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

#### 6.1.1.1. LUMINARIAS

Una luminaria, es aquel aparato compuesto por un gabinete o armadura de metal que sirve para repartir, filtrar la iluminación a través de un reflector y accesorios necesarios para fijar, proteger y conectar la(s) lámpara(s) al circuito de alimentación eléctrica, junto con este, va incluido un refractor que tiene como finalidad proporcionar la mejor distribución luminosa de una fuente de luz artificial.[8]

##### 6.1.1.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS

En este subtema nos ocuparemos de las características que exigen las luminarias para un buen funcionamiento, entre ellas se encuentran:

- ✓ Características Fotométricas u Ópticas
- ✓ Características mecánicas y eléctricas
- ✓ Características de tipo estético.

## CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS

Como característica de fabricación más importante se destacan las que incluyen a continuación:

- **Distribución y flujo luminoso.** Este dato proporciona la intensidad luminosa (en candelas) emitida por la lámpara en cierto número de direcciones, generalmente estos valores se dan para una emisión unitaria (1.00 lm) de flujo luminoso.

Cuando se trata de repartos de luz de forma simétrica respecto a un eje de revolución bastara dar las intensidades para direcciones con una serie de intervalos de ángulos, para el caso de luminarias asimétricas deberán suministrarse datos en distintos ángulos en planos longitudinales y transversales.

- **Limites de Iluminación.** Para apreciar la luminosidad de las luminarias es necesario conocer los niveles con que se ve en ángulos elevados.
- **Apantallamiento.** Es el ángulo crítico por encima del cual puede provocarse deslumbramiento directo es de  $45^{\circ}$  con la vertical descendente.
- **Envejecimiento irrecuperable.** Los componentes de una luminaria sufren a lo largo de sus utilizaciones perdidas permanentes no recuperables mediante operaciones de mantenimiento.

En el caso de reflectores, las superficies con acabados especulares envejecen más lentamente que las que tienen acabados mates.

Para los refractores por transmisión (difusores), pierden su transmitancia mediante la disminución del factor de amarillamiento en el caso de policarbonato, en vidrios debe de añadirse un decolorante para evitar un tono pajizo con el tiempo.

Otras características de las luminarias se refieren al empleo de estas, entre ellas se encuentran los siguientes puntos:

- **Rendimiento luminoso.** Es la relación de entre el flujo luminoso que incide en un plano de trabajo y el flujo que sale de una luminaria.
- **Factor de Utilización.** Es la relación de entre el flujo luminoso que llega a un plano de trabajo y el flujo luminoso que emite la(s) lámpara(s) funcionando en desnudo.

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS

- Solidez
- Ejecución en un material adecuado a las condiciones de trabajo previstas
- Construcción que permita funcionar a la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura.
- Protección de las lámparas y equipo eléctrico contra la humedad y demás agentes atmosféricos.
- Facilidad de montar, desmontar y limpiar
- Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico

### 6.1.1.1.2. CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS

En general las luminarias se clasifican de tres maneras diferentes:

- ✓ Por su uso
- ✓ Por la distribución del flujo luminoso Emitido
- ✓ Por el tipo de lámpara usada

## **CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR SU USO**

### **LUMINARIAS COMERCIALES**

Normalmente este tipo de luminarias, es instalado en interiores como: Aulas escolares, Oficinas, Centros comerciales, Tiendas, Salas de exposición, etc. Estos deben de proporcionar las siguientes características:[8]

- Buena difusión de luz
- Baja brillantez
- Alta eficiencia
- Ocultamiento de las lámparas
- Apariencia distinguida y moderna
- Facilidad de montaje y limpieza

### **LUMINARIAS INDUSTRIALES**

Estas trabajan normalmente en naves industriales con alturas de montaje altas o medias, por lo que se requiere sean capaces de alojar lámparas de alta emisión luminosa y reflectores especiales.

Algunas luminarias de tipo industrial trabajan en lugares donde se tiene atmósferas explosivas, vapores o líquidos volátiles, por lo que su construcción debe ser hermética con elementos externos perjudiciales, para que ofrezcan seguridad en las instalaciones de trabajo.

En términos generales, estas luminarias deben de proporcionar las siguientes cualidades:

- Buena difusión de luz
- Curva de distribución adecuada a la altura de montaje
- Alta eficiencia
- Resistencia mecánica
- Construcción de un material adecuado a su función
- Facilidad de mantenimiento

### **LUMINARIAS TIPO DECORATIVO**

Estas ayudan a crear un ambiente agradable al integrarse al conjunto arquitectónico decorativo del interior a iluminar. Las encendidas y apagadas deben de crear la misma apariencia. Las luminarias decorativas deben tener las siguientes características:

- Iluminación uniforme
- Apariencia agradable y moderna
- Construcción de acuerdo a las necesidades
- Facilidades de limpiar

Dentro de esta clasificación también se encuentran las luminarias para:

- ALUMBRADO PÚBLICO
- EXTERIORES

## CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJO LUMINOSO EMITIDO

Las luminarias se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que fluye de la luminaria tomando como base una línea horizontal imaginaria que pase por el centro focal de la luminaria. Esta clasificación consiste en cinco grupos importantes:







CLASIFICACION	PORCENTAJE DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCION DE POTENCIA LUMINICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0 - 10 %	90 - 100 %	
SEMI-DIRECTA	10 - 40 %	60 - 90 %	
DIRECTA INDIRECTA	40 - 60 %	40 - 60 %	
GENERAL DIFUSA	60 - 90 %	10 - 40 %	
SEMI-INDIRECTA	60 - 90 %	10 - 40 %	
INDIRECTA	90 - 100 %	0 - 10 %	

Tabla 5. Clasificación De Luminarias Según Curva De Distribución

## DIRECTO

Son los que dirigen de 90 al 100% de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal y de 0 al 10% hacia arriba, estas luminarias son las que proveen iluminación más eficiente en las superficies de trabajo.

Dentro de estas luminarias se tienen cinco tipos de clasificación en términos de la relación de espaciamiento permisible con altura de montaje, que se muestra en la tabla 5.

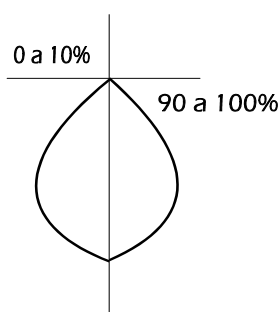


Figura 7. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Directa Altamente Concentrada [8]

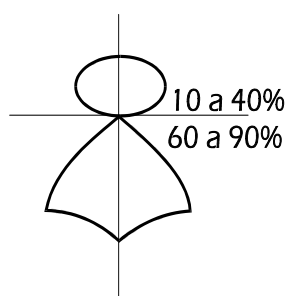
Tabla 6. Clasificación de luminarias según Curva de distribución

Relación Espaciamiento entre altura de montaje, arriba del plano de trabajo		Clasificación de Luminarias
Hasta	0.5	Altamente Concentrada
0.5	0.7	Concentrada
0.7	1	Intensiva
1	1.5	Extensiva
Ariba de	1.5	Super Extensiva

En la tabla 6 se muestra las relaciones de espaciamiento en función de la altura de montaje por encima del plano de trabajo.

## SEMI-DIRECTO

Las luminarias dentro de esta clasificación se definen como aquellos que dirigen del 60 al 90% de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal de la luminaria, abajo se muestra la curva de distribución.

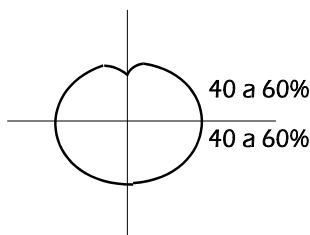


**Figura 8. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Semi directa [8]**

La utilización de estas luminarias depende en gran parte de la reflectancia del techo.

## DIFUSA - INDIRECTA O GENERAL DIFUSA

Esta clasificación se refiere a luminarias en los cuales las componentes del flujo luminoso hacia arriba y hacia abajo del centro focal de la luminaria son aproximadamente las mismas, cada una de 40 a 60% del flujo luminoso total de dicha luminaria. [8]

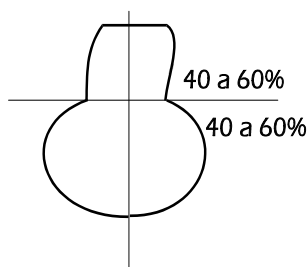


**Figura 9. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Difusa [8]**

La luminaria general difusa emite luz de manera casi uniforme en todas las direcciones.



Las luminarias Directo - Indirecto emite luz en menor cantidad en ángulos cercanos a la horizontal, tal como se muestra en la Figura.

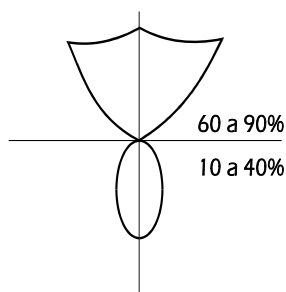


**Figura 10. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Directo-Indirecto [8]**

Las luminarias de tipo semi-indirecto dirigen de 60 a 90% de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal de la luminaria.

La mayor parte de la luz alcanza el plano de trabajo por reflexión en el techo y la parte alta de las paredes.

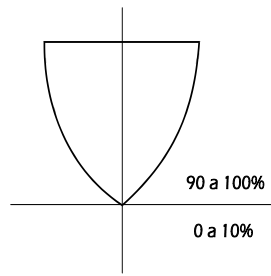
Es por tanto imperativo que las reflectancias sean mantenidas tan alto como sea posible.



**Figura 11. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Semi-Indirecto [8]**

## INDIRECTA

Las luminarias de este tipo emiten de un 90 a 100% de su flujo luminoso total arriba del centro focal de la luminaria.



**Figura 12. Curva Fotométrica de una Luminaria de Iluminación Indirecta [8]**

La utilización de la luz de este tipo de luminarias depende en su totalidad de las reflectancias del techo y de la parte alta de las paredes.

### 6.1.1.2 LÁMPARAS

Las fuentes luminosas o lámparas son aquellos objetos artificiales capaces de emitir radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda visibles para el ojo humano. Las fuentes luminosas artificiales de mayor importancia en nuestra época son las lámparas, estas las podemos clasificar en la siguiente manera:[8]

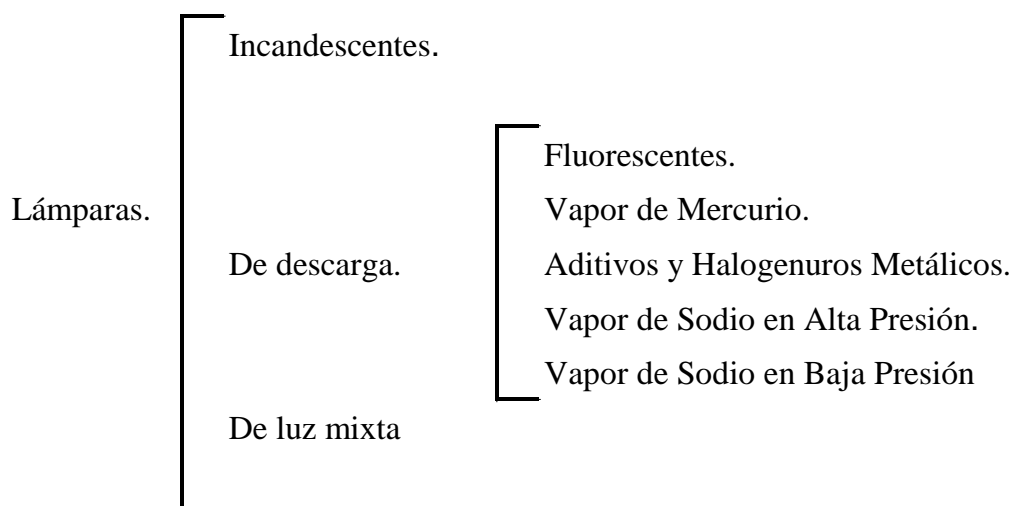


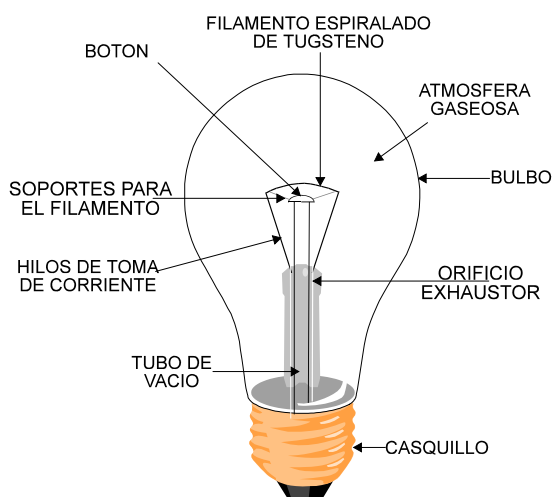
Figura 13. Clasificación de las lámparas [8]

#### 6.1.1.2.1. LÁMPARAS INCANDESCENTES

A través de un filamento metálico de cierta resistencia eléctrica (frecuentemente tungsteno, alojado al vacío dentro de una ampolla de vidrio en la atmósfera de un gas inerte), se hace pasar corriente eléctrica, lo que produce que el filamento llegue a un punto de incandescencia emitiendo así radiaciones luminosas y caloríficas.

Las radiaciones electromagnéticas emitidas por una lámpara incandescente son en promedio 90% infrarrojas y 10% visibles, esto las convierte como buenas fuentes de calor. La construcción de un foco incandescente es relativamente sencilla, su

funcionamiento también es simple y sin necesidad de aditamentos como balastos o reactores.



**Figura 14. Representación de una Lámpara Incandescente.**

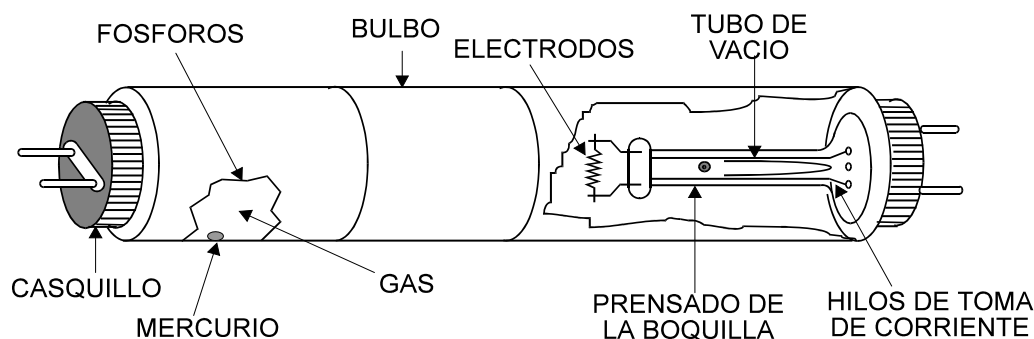
**Tabla 7. Datos de Lámparas Incandescentes**

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA
10	78	7.8	1,000	90.0%
15	120	8.0	1,000	90.0%
25	250	10.0	1,000	90.0%
40	415	10.4	1,000	87.5%
50	440	8.8	1,000	90.0%
60	675	11.3	1,000	93.0%
75	1,090	14.5	1,000	92.0%
100	1,410	14.1	1,000	90.5%
150	2,200	14.7	1,000	89.5%
200	3,250	16.3	1,000	90.0%
300	5,290	17.6	1,000	89.0%
500	10,100	20.2	1,000	89.0%
1,000	19,500	19.5	1,000	82.0%

## 6.1.1.2.2. LAMPARAS DE DESCARGA

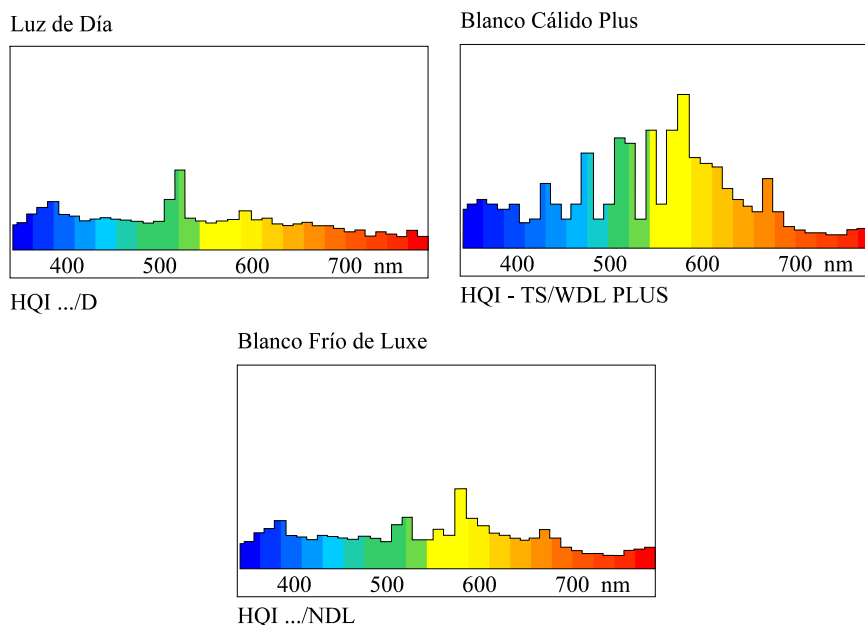
### LÁMPARAS FLUORESCENTES

La luz se produce debido al fenómeno de fluorescencia por medio de una descarga eléctrica dentro de un tubo cuya longitud es mucho mayor que su diámetro, en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión. La radiación de mercurio en estas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de onda ultravioleta del arco a longitudes de onda dentro del espectro visible. [10]



**Figura 15. Representación de una Lámpara Fluorescente [8]**

La cromacidad de la luz producida es una consecuencia de las características especiales de los polvos fluorescentes. Una lámpara luz de día hace resaltar los colores azules, disminuyendo los rojos; una lámpara blanco cálido por el contrario reproduce en mejor forma los colores rojos mientras que los azules los desplaza hacia el gris; la lámpara blanco frío es de una aplicación intermedia, reproduciendo mucho mejor los colores naranja, verde y amarillo opacando un poco lo rojos y azules.



**Figura 16. Curva de Distribución Espectral Reproducida por Algunas Lámparas [8]**

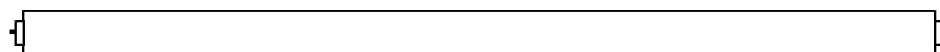
La lámpara fluorescente posee la ventaja no producir la luz desde un mismo punto focal, sino de hacerlo en forma suave y difusa por toda su extensión sin producir resplandores ni sombras acentuadas.

Por ello su luz aparece fresca y más eficiente reduciendo el esfuerzo visual. La limitación de uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas superiores a los 3 metros su aprovechamiento es reducido drásticamente.

Las lámparas fluorescentes requieren de un reactor o balastro para operar, generalmente los balastros se diseñan para operar a la vez un par de lámparas, recientemente se han diseñado balastros para operar tres o cuatro lámparas. De acuerdo a su tecnología de arranque las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos:

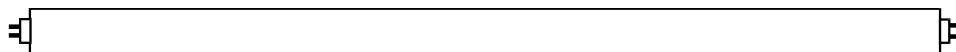
- ✓ Arranque instantáneo.
- ✓ Arranque Rápido.
- ✓ Arranque por Precalentamiento.

**Arranque instantáneo.** Estas también reciben el nombre "SLIM LINE", a la vista se identifican por su casquillo de un solo contacto o pin en cada extremo. Estas lámparas no requieren calentamiento previo ni arrancador, pero requieren de un elevado voltaje de arranque. El balastro enciende las lámparas en serie una después de la otra, una vez encendidas las dos lámparas una parte del balastro deja de operar, en caso de que alguna de las lámparas se funda la otra puede seguir operando, no obstante el balastro sigue funcionando y puede recibir daños de gravedad.



**Figura 17. Lámpara Fluorescente de Arranque Instantáneo. [8]**

**Arranque rápido.** Las lámparas encienden en forma suave y con un ligero retardo de hasta dos segundos. El balastro suministra una tensión de arranque menor que en caso Slim Line, no obstante el balastro hace que los cátodos de las lámparas estén permanentemente calientes. La identificación simple de estas lámparas se realiza identificando sus dos contactos o pines en cada uno de los casquillos de sus extremos.



**Figura 18. Lámpara Fluorescente de Arranque Rápido [8]**

**Arranque por precalentamiento.** Estas lámparas requieren además del balastro de un arrancador, las lámparas para poder operar deben pasar primero por una corriente mayor que la de su operación normal, con la que se calientan sus cátodos. Estas lámparas se encuentran ya casi fuera del mercado. Estas lámparas también presentan dos contactos o pines en cada extremo.

**Tabla 8. Datos de lámparas Fluorescentes**

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA	OBSERVACIONES
20	1,300	65.0	9,000	72.0%	AR Blanco Frío
20	1,075	53.8	9,000	72.0%	AR Luz de Día
21	1,030	49.0	7,500	81.0%	AI Luz de Día
22	1,050	47.7	12,000	72.0%	AR Circular B. Frío
22	850	38.6	12,000	72.0%	AR Circular L. d/Día
32	1,900	59.4	12,000	82.0%	AR Circular B. Frío
32	1,500	46.9	12,000	82.0%	AR Circular L. d/Día
39	3,000	76.9	9,000	82.0%	AI Blanco Frío
39	2,500	64.1	9,000	82.0%	AI Luz de Día
40	2,900	72.5	12,000	84.0%	AR TIPO U BF
40	3,150	78.8	12,000	83.0%	AR Blanco Frío
40	2,600	65.0	12,000	83.0%	AR Luz de Día
75	6,300	84.0	12,000	89.0%	AI Blanco Frío
75	5,450	72.7	12,000	89.0%	AI Luz de Día

## LÁMPARAS T8

Los sistemas denominados T8, lámparas de una (8/8) pulgada de diámetro, son lámparas fluorescentes que poseen las características más avanzadas en calidad y eficiencia. Con un CRI de 85, un flujo luminoso arriba de los 104 lúmenes por watt operando con balastro electrónico y un diámetro de 25mm, las lámparas T8 son la mejor opción para diseños de iluminación de oficinas, bibliotecas, tiendas, hospitales y otras múltiples aplicaciones en donde sea importante ahorrar energía y tener una iluminación de alta calidad. [8]



Estos productos cuentan con una gran variedad de temperaturas de color para crear ambientes y efectos diferentes. Pueden encontrarse lámparas fluorescentes con un CRI de 85, estas son una excelente opción para oficinas, tiendas comerciales y aplicaciones industriales gracias a su alto CRI. Por otra parte, es posible obtenerlas de diferentes longitudes: 61, 91, 122, y 152 cm. Además, las lámparas T8 incorporan un polvo fluorescente basado en fósforos activados con tierras raras, que proporcionan un mayor flujo luminoso, de excelente rendimiento de color, y con la posibilidad de elegir entre tres distintas temperaturas de color: 3000 K, 3500 K y 4100 K.

## **LÁMPARAS T5**

'TL' 5 son lámparas fluorescentes con un diámetro de 16mm, que es 40% más delgada de que una lámpara fluorescente común 'TL'D.

Las lámparas 'TL' 5 HE fueron diseñadas para alta eficiencia y miniaturización del sistema. Con la familia 'TL' 5 HE la más alta eficiencia será alcanzada en la iluminación directa, como por ejemplo en oficinas.

Las últimas tecnologías fueron incorporadas. La capa trifósforo en combinación con un pre recubrimiento y cantidad utilizada llevan a una alta eficiencia ofreciendo un nivel constante de flujo durante su vida.

Las lámparas 'TL' 5 HE fueron especialmente desarrolladas para funcionar con balasto electrónico. Debido a la alta tensión de la lámpara, la frecuencia de 50 HZ no es recomendada ni aceptada. El tubo es 40% más delgado que en las existentes 'TL'D que tienen 26mm. Estas lámparas más delgadas proporcionan a los diseñadores de luminarias mayor libertad en el diseño de sus productos. Las longitudes fueron definidas para facilitar la instalación en sistemas modulares de techo.

Las lámparas 'TL' 5 permiten sistemas más compactos y eficientes, Siendo menor, la lámpara permite a los diseñadores de luminarias mayor libertad en el desarrollo de sus productos: la alta eficiencia de la lámpara y del balasto electrónico contribuyen para un medio ambiente más amigable con economía de energía.

Estos factores hacen de la familia 'TL' 5 idealmente indicada para luminarias incrustadas, de sobreponer y suspendidas en una gran variedad de aplicaciones donde alta calidad y eficiencia energética son deseadas además de una alta calidad de iluminación.

Las aplicaciones incluyen oficinas, almacenes, escuelas, hoteles e industrias.

## **LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS**

Son lámparas pequeñas que funcionan bajo el principio de generación de luz fluorescente, requieren de equipo adicional como un balastro o adaptador para poder ser instaladas.

Las lámparas fluorescentes compactas son una opción eficiente para sustituir un foco incandescente, ahorran hasta un 75% de energía eléctrica por cada lámpara.

Existen lámparas compactas que cuentan con alto índice de rendimiento de color (un CRI de 82), además utilizan 75% menos electricidad y con un tiempo de vida 10 veces mayor que un foco incandescente.

Su aplicación es ideal para pasillos, corredores, anuncios de emergencia, luz exterior y están disponibles en una gran variedad de longitudes, potencias y temperaturas de color. [10]

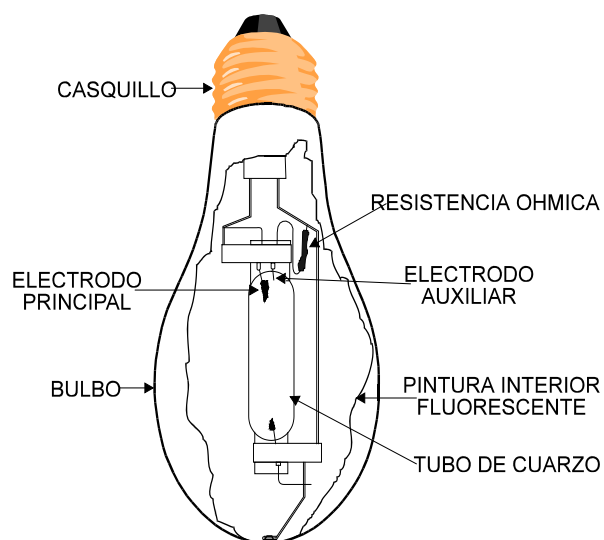
**Tabla 9. Datos de Lámparas Fluorescentes Compactas y Largas**

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	TIPO	OBSERVACIONES
7	400	57.1	10,000	Fluorescentes  Compactas	PL-S
9	600	66.7	10,000		PL-S
11	600	54.5	10,000		ER-L PL-S
13	900	69.2	10,000		PL-S
13	860	66.2	10,000		PL-C
17	950	55.9	10,000		ER-L SL
18	1,200	66.7	12,000		PL-L
18	1,100	61.1	10,000		ER-L SL
17	1,400	82.4	20,000		AR T8
25	2,250	90.0	20,000		AR T8
32	3,050	95.3	20,000	Fluorescentes  largas	AR T8
34	2,750	80.9	20,000		AR Blanco Cálido T12
34	2,650	77.9	20,000		AR Blanco Frío T12
34	2,350	69.1	20,000		AR Luz de Día T12
60	5,600	93.3	12,000		AI Blanco Cálido T12
60	5,400	90.0	12,000		AI Blanco Frío T12

## LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID)

### LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Estas lámparas pertenecen a la familia identificada como Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID). La luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de gas de mercurio gasificado de baja presión. Las lámparas de alta intensidad de descarga llevan un tubo de descarga gaseosa que va alojado en el interior de un bulbo protector, este tubo de descarga opera a presiones y densidades de corriente de magnitud suficiente alta para producir la radiación visible, cuando en sus electrodos se aplica una tensión que da lugar a un arco eléctrico que posteriormente ioniza el gas. Esto vaporiza el mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable. [10]



**Figura 19. Representación de una lámpara de vapor de mercurio [8]**

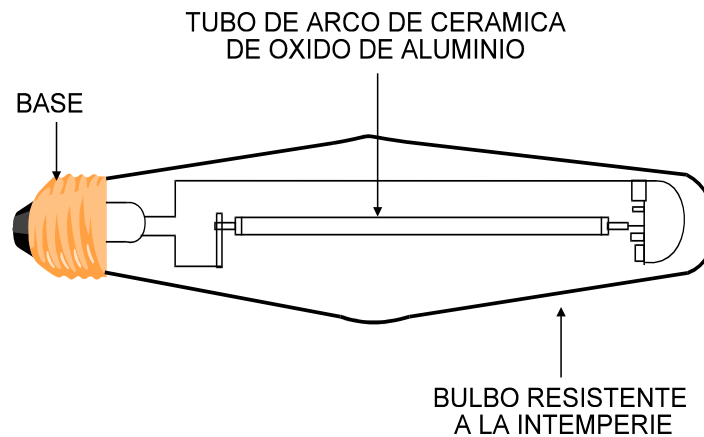
La cantidad de mercurio puro que contiene una lámpara se gradúa con exactitud, también se incluye gas argón para facilitar la descarga eléctrica. Las lámparas producen una luz verde azulada blanquecina debido a la ausencia de radiaciones rojas que provoca la combinación mercurio argón.

**Tabla 10. Datos de las Lámparas de Mercurio**

POTENCIA	FLUJO LUMINOSO	EFICACIA	VIDA	DEPRECIACION
Watt	lumenes	lum/W	horas	LUMINOSA
100	4,200	42.0	24,000	82.0%
175	8,600	49.1	24,000	89.0%
250	12,100	48.4	24,000	84.0%
400	22,500	56.3	24,000	86.0%
1,000	63,000	63.0	24,000	77.0%

## LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESIÓN (VSAP)

Estas lámparas funcionan bajo el mismo principio que las de Vapor de Mercurio pero varían en sus componentes y geometría. Sus componentes son sodio, mercurio y un gas noble que puede ser argón o xenón; el principal productor de la luz es el sodio que a diferencia de las lámparas de mercurio se encuentra en alta presión, el mercurio en este caso es un corrector de color y controlador de voltaje, el xenón es empleado para iniciar la descarga eléctrica. [10]



**Figura 20. Representación de una Lámpara de Vapor de Sodio en Alta Presión [8]**

Poseen una alta eficacia luminosa pero con bajo rendimiento del color. Requieren de un periodo de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, si existe una interrupción momentánea el tiempo de reencendido es casi de un minuto.

La función de arranque se efectúa por la intervención de un circuito electrónico llamado ignitor, que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. Estas lámparas producen una luz dorada blanquecina provocada por el predominio del sodio y la corrección de color del mercurio.

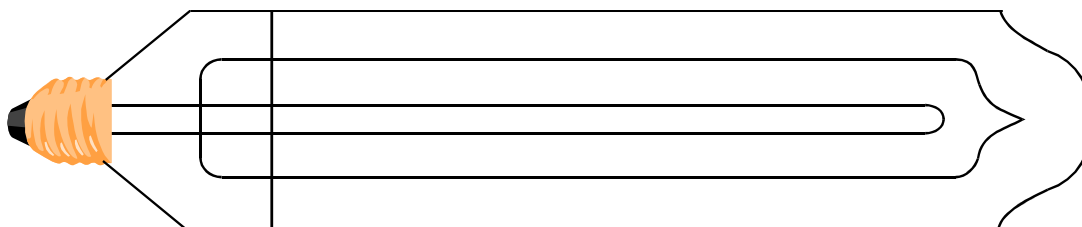
**Tabla 11. Datos de Lámparas de VSAP**

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA
35	2,250	64.3	24,000	90.0%
50	4,000	80.0	24,000	90.0%
70	6,300	90.0	24,000	90.0%
100	9,500	95.0	24,000	90.0%
150	16,000	106.7	24,000	90.0%
250	28,500	114.0	24,000	90.0%
400	50,000	125.0	24,000	90.0%
1,000	140,000	140.0	24,000	90.0%

## **LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESIÓN (VSBP)**

El principio de operación es el mismo que las demás lámparas de descarga, pero el gas de sodio se encuentra a baja presión y su geometría es de mayores dimensiones llegando a presentar una longitud mayor a un metro. Este tipo de fuentes luminosas es el de mayor eficacia luminosa; pero también las de menor rendimiento de color tan solo 20%, por ello su brillantez es totalmente monocromática en diferentes tonos de amarillo.

Para iluminación de seguridad, las lámparas de sodio de baja presión ofrecen la mayor eficacia luminosa. Debido a que en el espectro de frecuencias que emite esta lámpara está presente únicamente el color amarillo, se puede aplicar a lugares con mucha niebla y lugares con contaminación ya que el ojo es más sensible a este color y facilita su visión. [10]



**Figura 21. Representación de una Lámpara de Vapor de Sodio en Baja Presión [8]**

**Tabla 12. Datos de Lámparas de VSBP**

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA
18	1,800	100.0	10,000	100.0%
35	4,800	137.1	24,000	100.0%
55	8,000	145.5	24,000	100.0%
90	13,500	150.0	24,000	100.0%
135	22,500	166.7	24,000	100.0%
180	33,000	183.3	24,000	100.0%

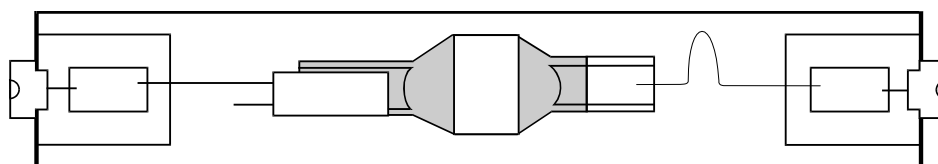
## LÁMPARA DE ADITIVOS METÁLICOS

Es otra lámpara de alta intensidad de descarga se caracteriza por su luz blanca y ser la de mejor rendimiento de color con alta eficacia luminosa. Cuando se requiere de iluminación de gran calidad en la reproducción de colores y en locales con altura superior a los tres metros de altura esta fuente luminosa es la opción adecuada.

Sin embargo en locales donde la reproducción de colores no es necesidad imperiosa es uso de estas lámparas resulta un lujo. Sus aplicaciones son bastante versátiles pudiéndose emplear tanto en locales interiores como en exteriores. Son especialmente recomendables para clubes deportivos, centros comerciales, alumbrado decorativo y espectacular, naves industriales donde se realizan tareas de precisión y clasificación por colores. La temperatura de color de este tipo de lámparas es de 4100 K.

La nueva generación de este tipo de lámparas se conoce como Halogenuros Metálicos, ellas presentan una nueva tecnología que ha permitido reducir sus necesidades de potencia eléctrica así como sus dimensiones de diseño.

Esto permite emplearlas en aplicaciones de baja altura (entre 3 y 5 metros) dentro de oficinas, auditorios, centros comerciales, tiendas de ropa, joyerías etc.



**Figura 22. Representación de una Lámpara de Aditivos Metálicos [8]**

**Tabla 13. Datos de Lámparas de Aditivos Metálicos**

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA lum/W	VIDA horas	DEPRECIACION LUMINOSA	OBSERVACIONES
70	5,500	78.6	10,000		HQI
150	13,000	86.7	10,000		HQI
175	13,000	74.3	10,000	77.0%	AM
250	20,500	82.0	10,000	83.0%	AM
400	36,000	90.0	20,000	90.0%	AM
1,000	110,000	110.0	12,000	80.0%	AM
1,500	155,000	103.3	3,000	92.0%	AM

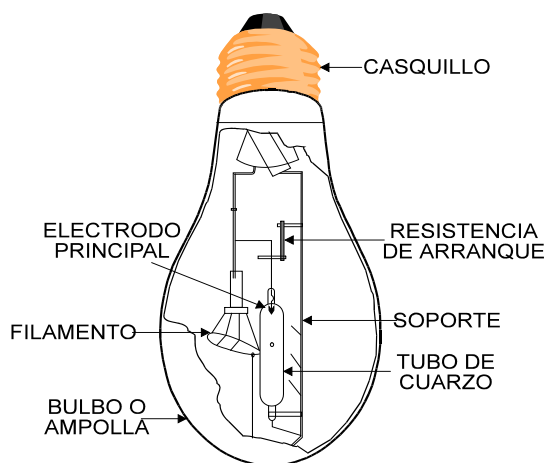


### 6.1.1.2.3. LÁMPARAS DE LUZ MIXTA

Las lámparas de luz mixta fueron creadas para corregir la luz azulada de las lámparas de mercurio y para esto se adiciona dentro del mismo bulbo un filamento incandescente. Estas lámparas se pueden conectar a la red eléctrica sin necesidad de emplear un balastro, puesto que el filamento además de fuente luminosa, actúa como resistencia limitante de la corriente eléctrica.

Normalmente operan a un voltaje de 220 V.

Estas lámparas se aplican en el alumbrado de interiores y exteriores sustituyendo directamente a la iluminación incandescente de altas potencias. Su índice de reproducción de colores es de los más altos, pero su eficacia luminosa es bajísima, redundando en altos consumos de energía. [8]



**Figura 23. Representación de una Lámpara de Luz Mixta [8]**

**Tabla 14. Datos de Lámparas de luz Mixta**

<b>POTENCIA</b> <b>Watt</b>	<b>FLUJO</b> <b>LUMINOSO</b> <b>lumenes</b>	<b>EFICACIA</b> <b>lum/W</b>	<b>VIDA</b> <b>horas</b>	<b>DEPRECIACION</b> <b>LUMINOSA</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
160	3,000	18.8	6,000	57.0%	LUZ MIXTA
250	5,500	22.0	6,000	65.0%	LUZ MIXTA
500	12,500	25.0	6,000	74.0%	LUZ MIXTA
500	10,950	21.9	2,000	96.0%	IODO CUARZO
1,000	21,400	21.4	2,000	96.0%	IODO CUARZO
1,500	35,800	23.9	2,000	96.0%	IODO CUARZO

### 6.1.2. DEFICION DE TERMINOS BASICOS (MARCO CONCEPTUAL)

**Brillantez o Luminancia.** Es la relación entre la intensidad luminosa de un objeto en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

**Lámpara.** Es el aparato mediante el cual se transforma la energía eléctrica en energía luminosa. Existen diferentes tipos de lámparas.

**Balastro.** Es el equipo electromagnético o electrónico empleado para operar las lámparas de descarga eléctrica, proporciona a la lámpara sus condiciones de operación correcta.

**Luminaria.** Es el gabinete contenedor de lámparas y en algunos casos también balastos, se utiliza para dirigir y controlar el flujo luminoso de una o más lámparas.

**Flujo Luminoso.** Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en cierto ángulo sólido, su unidad de medida es el lumen. Un lumen es igual a un flujo emitido por una esfera unitaria de cuya intensidad luminosa es de una candela.

**Candela.** Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática de una longitud de onda de 555 nanómetros y de la cual la intensidad radiante en esa dirección es de  $1/683$  W en un ángulo sólido de un estereorradián.

**Fotocandela.** Es la iluminación sobre una superficie de un pie cuadrado en área teniendo un flujo distribuido uniformemente de un lumen.

**Nivel de Iluminación o Iluminancia.** Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es el lux. Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo a la tarea a desarrollar y el tipo de lugar de trabajo.

**Reflector.** Dispositivo empleado para aprovechar la reflexión de la luz. La reflexión de la luz es especular cuando los rayos luminosos reflejados se orientan en direcciones preferentes de acuerdo a las características geométricas en la que se produce la reflexión. La reflexión de la luz es difusa cuando la reflexión se da en todas direcciones.

**Refractor.** Dispositivo empleado para controlar los cambios de dirección de un haz luminoso cuando pasa de un cierto medio a otro de diferente densidad. El mejor control se logra empleando lentes ópticas.

**Curva de distribución.** Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario, se representa en coordenadas polares y sus valores están dados en candelas.

**Curva Isolux.** Son curvas que representan iguales niveles de iluminación sobre un plano de trabajo.

**Eficacia de una Lámpara.** Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica (Watt) que requiere para operar, se expresa como lumen/W. [8]

Ecuación 6.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{lumines}}{\text{Watt}}$$

**Eficacia de una Luminaria.** Es el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámparas que aloja un luminario entre la potencia eléctrica (Watt) que requiere para operar incluidos los balastros, se expresa como lumen/W.

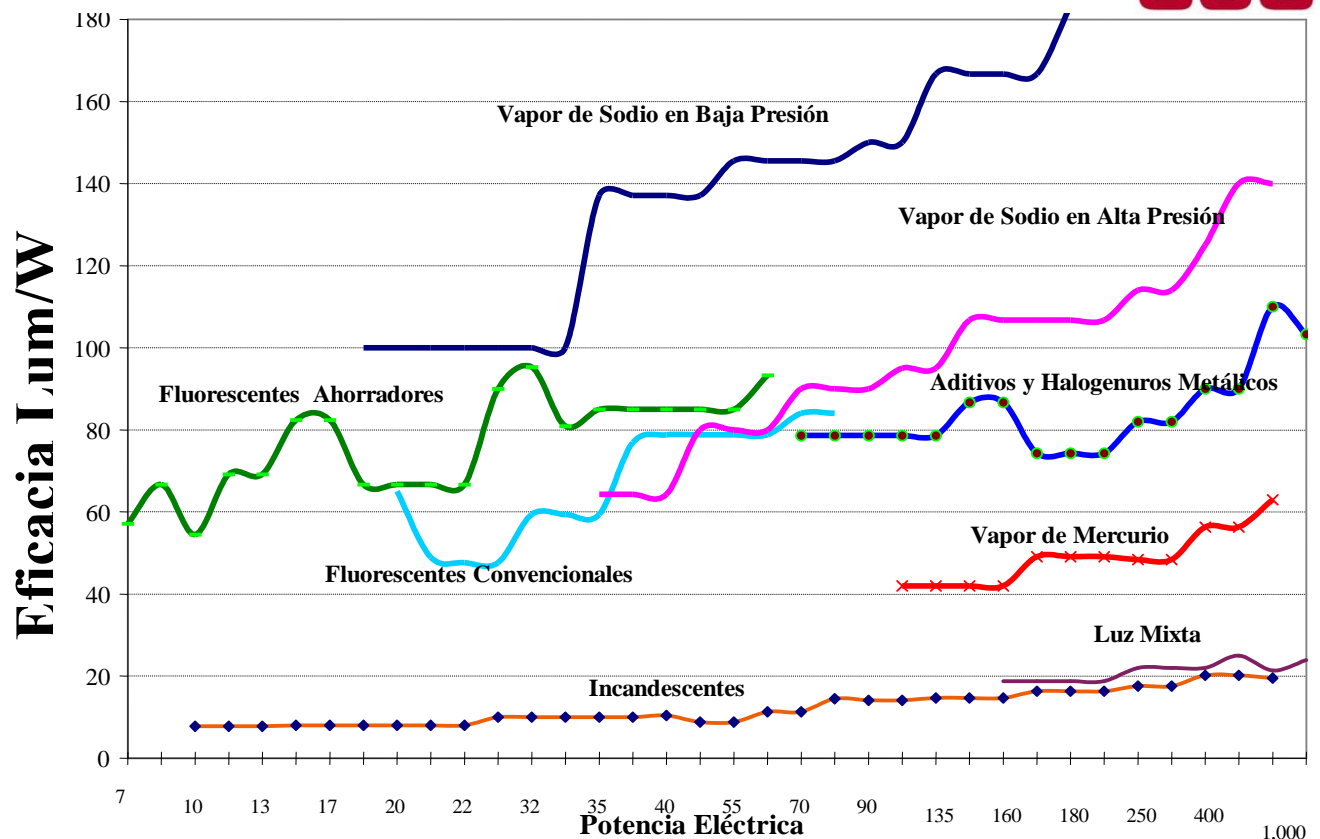


Figura 24. Eficacia de la Lámpara en Función del Tipo de Lámpara y Potencia Eléctrica [8]

**Coefficiente de Utilización.** Es la relación entre el flujo luminoso saliente de un luminario e incidente sobre un plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámparas sin considerar el luminario. En cierta forma es una medida de la eficiencia de un luminario, los luminarios con mayores coeficientes de utilización aprovechan en mejor forma el flujo luminoso de las lámparas.

El coeficiente de utilización del luminario es dependiente tanto de la geometría del luminario como de las características físicas del local a iluminar; estas características son: longitudes y colores internos. El coeficiente de utilización toma en cuenta la iluminación que es absorbida y reflejada por las paredes, colores, y la textura misma. Estos valores se pueden encontrar en los catálogos de los fabricantes de luminarios.

### 6.1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

- El implemento de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de los luxes producidos por las lámparas convencionales contribuye un ahorro significativo en la iluminación del sector comercial.

La caracterización energética permite realizar este tipo de estudio, con ella se obtiene un análisis cualitativo y cuantitativo de una situación energética planteada, pero ¿que representa esta documentación para el trabajo?, ¿De qué forma se puede encaminar a la obtención de nuevas tecnologías que permitan aprovechar de una mejor manera la energía?, si en la actualidad existen diferentes alternativas en elementos de luminosidad.

Se pueden obtener los diferentes tipos de lámparas que ofrece el mercado, luego, analizar el comportamiento de cada una de ellas para una situación de demanda lumínica semejante, posteriormente analizar el comportamiento de estas pero con características de funcionamiento distintas a las convencionales y de allí obtener un cuadro de potencia que permita identificar cuál de ellas responde de mejor manera la demanda energética requerida.

El rendimiento energético marca un punto de vital importancia en nuestro medio actualmente, los grandes cambios que se están produciendo en el entorno debido al uso desaforado que se le daba a las fuentes de energía, contribuyo al deterioro del planeta, lo cual ha llevado a las autoridades competentes a enfocarse en el implemento de nuevas tecnologías que contribuyan al aprovechamiento óptimo de la energía.



Las grandes y medianas industrias del sector comercial productivo, se convierten en foco de investigación debido a la demanda energética que representa este tipo de industrias para el país, como se comento con anterioridad en este documento, la iluminación corresponde a un porcentaje significativo en el consumo energetico total de la industria, es decir que si se logra un ahorro en la iluminación, se obtiene un ahorro considerable que se evidenciara en los índices de consumo y en el porcentaje de ahorro obtenido.

## 6.2. MARCO HISTORICO

En carácter técnico profesional entendemos iluminación como el conjunto de dispositivos instalados de tal manera que produzcan ciertos parámetros luminosos.

Desde la antigüedad el hombre intento brindar iluminación a el espacio que habitaba, basados en esto podríamos decir que el primer método de iluminación fue la antorcha, mas tarde vendría la vela y luego las realizadas u obtenidas a base de combustible, destacándose el candelabro, que remonta sus antiguos orígenes a la antorcha resinosa clavada en el suelo o en la pared de la caverna prehistórica, estos se transforman en productos de uso domestico en la antigua roma con rica decoración y bajo relieve. Los candelabros de uso domestico se difundieron por España desde Alemania a partir del siglo XI y conservaron las características del artesano local durante toda la edad media. [12]



**Figura 25. Palmatoria siglo XI [12]**

La palmatoria, también significativo invento, era una especie de candelero bajo con mango y pie, generalmente con forma de platillo, el candil, constaba de dos recipientes superpuestos; en el superior se coloca el aceite y la mecha que a de arder y en el inferior (candileja), lleva una varilla que sirve para colgar el candil.



Pero, sin lugar a dudas, la utilización del fuego como fuente de energía lumínica pasa a segundo plano cuando THOMAS EDISON la primera lámpara o foco eléctrico en 1879, que estuvo brillando durante más de 48 horas seguidas.

Edison, fue un importante empresario y prolífico inventor que patentó más de mil inventos durante su vida adulta, y contribuyó a darle, tanto a estados unidos como a Europa, los perfiles tecnológicos del mundo contemporáneo.



**Figura 26. Lámpara de foco eléctrico 1879 THOMAS EDISON [13]**

La lámpara consistía en un bulbo de cristal, en cuyo interior se ha hecho el vacío (así al carecer de oxígeno, se evita la combustión), y que tiene un filamento de carbón por el que pasa la corriente eléctrica, el filamento, opone resistencia al paso de la misma, y por ello se torna incandescente (efecto joule), consiguiendo así iluminación. El filamento de carbón utilizado en el primer prototipo, se sustituyó por uno de tungsteno, y posteriormente para mejorar aun más el rendimiento, se sustituyó el vacío por una atmósfera de nitrógeno o de otros gases inertes.

En el siglo XVIII se produjo un gran avance en las lámparas cuando las mechas redondas fueron sustituidas por mechas planas, que proporcionaban una llama mayor.

El químico suizo Aimé Argand inventó una lámpara que empleaba una mecha tubular encerrada entre dos cilindros metálicos, alimentada a petróleo. El cilindro interior se extendía hasta más abajo del depósito de combustible y proporcionaba un tiro interno.



**Figura 27. Lámpara de AIMÉ ARGAND [14]**

Argand también descubrió el principio del quinqué, en el que un tubo de vidrio mejora el tiro de la lámpara y hace que arda con más brillo y no produzca humo, además de proteger la llama del viento.

El tiro cilíndrico interior se adaptó después para utilizarlo en lámparas de gas inventadas por Lebon.

Las primeras lámparas eléctricas estaban inspiradas en las de gas o de aceite o eran una simple remodelación de las mismas.

Las primeras pantallas se diseñaron para ocultar los filamentos de la bombilla, sin embargo las pantallas de aluminio de Louis confort proyectaban una suave y vivida luz en toda la estancia sin dejar de ser bellos por si mismos los objetos.

Después de que se introdujera el gas del alumbrado a principios del siglo XIX este combustible empezó a usarse para la iluminación de las ciudades. Se empleaban tres tipos de lámpara de gas: el quemador de tipo Argand, los quemadores de abanico, en los que el gas salía de una rendija o de un par de agujeros en el extremo del quemador

y ardía formando una llama plana, y la lámpara de gas incandescente, en la que la llama de gas calentaba una redecilla muy fina de óxido de torio (llamada camisa) hasta el rojo blanco. En los lugares a los que no llegaba el suministro de gas se seguían empleando quinqués de aceite.

Hasta mediados del siglo XIX el principal combustible para esas lámparas era el aceite de ballena, dicho material fue completamente sustituido por el queroseno, que tenía la ventaja de ser limpio, barato y seguro.

En 1852 aparece el mechero Bunsen, inventado por el químico alemán Robert W. Bunsen (1811-1899), que habría de provocar el invento del químico austriaco Karl Auer (1858-181929) y en 1855 construye el estadounidense N. Silliam una lámpara de petróleo que, a causa de la baratura de éste, hizo bajar el precio del alumbrado por gas, que por aquel entonces comenzaba a sufrir la competencia de la luz eléctrica.

En 1878 Edizon perfeccionaría un sistema que venía de 1813, la luz eléctrica, inventando la lamparita o bombilla incandescente, que llevó la luz, cómoda, limpia y barata, hasta los hogares más modestos.



**Figura 28. Lámpara Anglepoise De GEORGE CARWARDINE [15]**

La lámpara anglepoise, que George Carwardine realizó en 1933, este diseño funcional hizo posible que el usuario dirigiera la luz hacia su espacio de trabajo. Este diseñador aplicó sus conocimientos de ingeniería automovilística y en su diseño utilizó bisagras

que emulaban las articulaciones del brazo humano, debido a esto, la anglepoise era flexible, equilibrada, y capaz de sostener casi cualquier posición.

Para 1950 a 1970, se popularizaron nuevos materiales como el plástico y desde entonces el empleo de una tecnología de bajo voltaje ha permitido una mayor flexibilidad. En los años 70 la alternativa de las baterías de luces de techo sobre carriles electrificados alcanzo el mercado masivo, sin embargo, muchos diseñadores dejaron de utilizarlas debió a que el tamaño y el calor que desprendían las bombillas convencionales de tungsteno era muy elevado, Es en esta época, 1970, en donde la electricidad es para muchos la fuerza más potente en diseño y arquitectura.

El descubrimiento en 1972 de las lámparas de bajo voltaje, que inicialmente se denominaron lámparas de reflector rellenas de gas inerte, supuso una revolución en el diseño de la iluminación, puesto que este sistema miniaturizaba la fuente luminosa, a la vez que ofrecía control óptico más estrecho.

La generación de lámparas de tungsteno o de halogenuros metálicos de bajo voltaje, permite iluminar una pared, realzar un punto concreto de una zona escogida, o bañar los objetos de una suave luz dorada o plateada según el tipo de reflector que utilice.

## 7. DISEÑO METODOLOGICO

### 7.1. TIPO DE ESTUDIO

Teniendo en cuenta las referencias de nuestra investigación y la problemática a abordar en este trabajo, se Adopta la clasificación de Dankhe (1986) referenciada en el libro “*HERNÁNDEZ SAMPIERI y otros (1994) Metodología de la investigación, México Mc Graw Hill, Capitulo 4*”, para establecer que nuestra investigación es de carácter descriptiva.

A pesar que en ciertos momentos el proyecto posea una visión correlacional, en general posee una perspectiva descriptiva, Debido a que en los estudios descriptivos se miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar, y fijándonos en que desde el punto de vista científico entendemos describir cómo medir.

En este tipo de estudios se selecciona una serie de cuestionamientos, se mide cada uno de ellos independientemente, para así describir lo que se está investigando.

## 7.2. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION

LA OBSERVACION ESTRUCTURADA, basados en la naturaleza del estudio y el tipo de problema a investigar, esta técnica de recolección nos permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno relacionada con nuestra problemática.

Los pasos generales a seguir cuando se ejecuta esta técnica de recolección de datos son:

- ✓ Se identifica y delimita el problema motivo de estudio.
- ✓ Se toma contacto directo, a través de la observación, con el hecho o fenómeno relacionado al problema motivo de estudio.
- ✓ Se registra o toma nota de lo observado.
- ✓ Se debe registrar la información en forma veraz y lo más objetivamente posible, de manera descriptiva y detallada, sin ningún tipo de interpretación.

En una investigación estructurada el procedimiento mencionado con anterioridad, posee las siguientes características:

- ✓ Tiene un plan referente a qué variables debe observar y por tanto qué tipos de datos deben ser recolectados.
- ✓ Permite poner a prueba más adecuadamente hipótesis referente al problema motivo de investigación.
- ✓ En la medida que el investigador tiene un plan de seguimiento del hecho que observa, puede
- ✓ utilizar fichas o formatos especiales para el registro de la información.
- ✓ Permite la recolección de datos en experimentos controlados.

### 7.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE INFORMACION

Para el desarrollo de nuestro instrumento de recolección de datos se plantea una situación que nos permite analizar el comportamiento de nuestras variables en determinada situación.

Se toma una habitación de Aprox. 3 mts<sup>2</sup>, luego, se referencian 15 puntos a lo largo y ancho de la superficie plana inferior (5 puntos a lo largo y 3 a lo ancho), espaciados 50cm y 100cm respectivamente.



**Figura 29. Luxómetro**



**Figura 30. Pinza voltiamperimétrica**

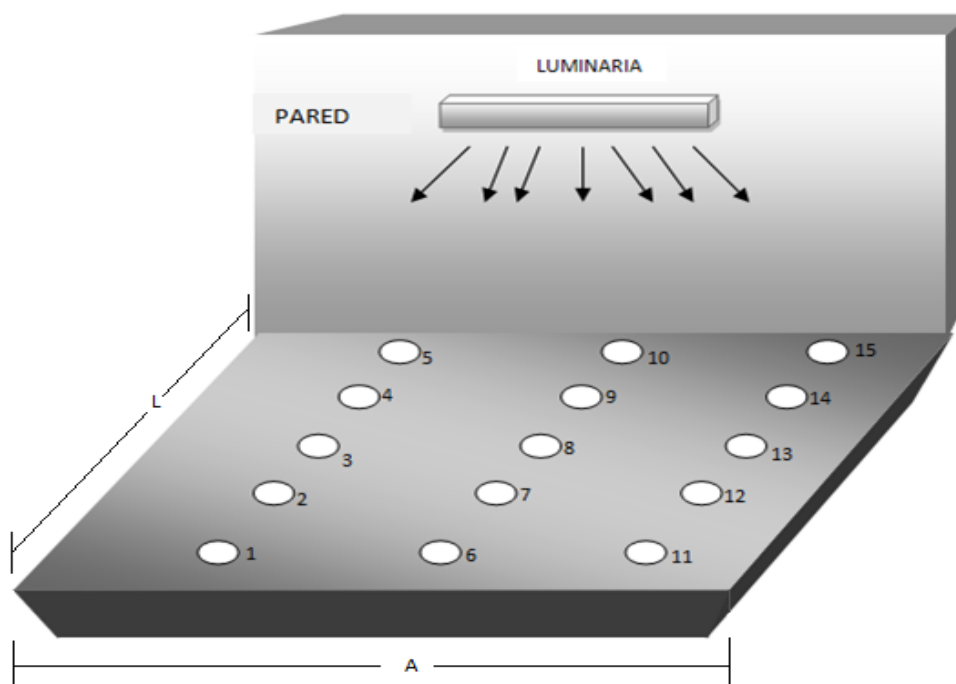
Para la toma de medidas y recolección de los datos primarios se utiliza un luxómetro digital UT-382 USB INTERFACE SLEEP MODE, una pinza voltiamperimétrica FLUKE y un computador portátil para almacenar los registros y datos observados.

Para la obtención de nuestros Datos primarios realizamos experiencias independientes ubicando los distintos tipos de lámparas de nuestra investigación paralelas a los puntos anteriormente mencionados y medimos con el luxómetro la incidencia de luxes que se presentan en cada uno de los puntos referenciados.

Para la obtención de nuestros Datos secundarios básicamente fueron consultadas las diferentes fuentes bibliográficas que podemos encontrar en las redes informáticas.

#### 7.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

La ilustración nos muestra las características constructivas de la experiencia realizada para la obtención de las diferentes medidas.



**Figura 31. Área De Pruebas Y Medidas**



Los puntos a lo largo del plano están distanciados 50 cm y a lo ancho 100 cm como se comentó anteriormente, para los puntos cercanos a las paredes de la habitación se deja un espacio de gabela de 50 cm entre el punto y la pared, la altura de la lámpara con respecto a la superficie inferior plana es de 230 cm.

#### 7.4.1. MEDICION LUMINARIA CONVENCIONAL

Tabla 15. DATOS MEDICIÓN EN LUMINARIA CONVENCIONAL

<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA ACTIVA (W)</b>	<b>POTENCIA REACTIVA (Var)</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
<b>125.7</b>	<b>0.7</b>	<b>56.66</b>	<b>66.66</b>	<b>90</b>

Esta medición se realizó a una luminaria T8, con balastro electrónico, luminaria convencional, se necesito hacerle tres bucles al conductor en el que se estaba midiendo ya que la corriente era muy pequeña y la pinza no mostraba los valores deseados, por lo tanto este valor ya ha sido dividido entre el mismo número de bucles que se hicieron, es decir, entre tres (3).

Las potencias también han sido divididas en tres (3) por las mismas condiciones de la corriente al momento de la medición.

**Tabla 16. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO**

<b>PUNTOS</b>	<b>LUX</b>
<b>1</b>	123
<b>2</b>	139.2
<b>3</b>	139.4
<b>4</b>	139.2
<b>5</b>	121.8
<b>6</b>	133.5
<b>7</b>	152.5
<b>8</b>	155.7
<b>9</b>	159.3
<b>10</b>	151.3
<b>11</b>	117.5
<b>12</b>	129.2
<b>13</b>	130.5
<b>14</b>	139.2
<b>15</b>	132.3

Cada punto está separado 50 cm, la ubicación de los puntos puede ser apreciada en la figura 34, la figura rectangular muestra la ubicación de la luminaria, siendo los puntos 3, 8, y 13 los puntos centrales, es decir, los que están debajo de la lámpara.

La altura a la cual se instaló la lámpara fue de 230 centímetros de la superficie.

El promedio de luxes emitidos en los puntos tomados en esta prueba fue de 137,54.

No hay que obviar que los puntos 4, 5, 9, 10, 14, y 15 al momento de realizar las medidas, estaban siendo afectados por una pared que incidían directamente en la cantidad de luxes leídos por el instrumento, lo cual explica por qué dichos puntos laterales irradiaron mayor cantidad de luz que los puntos del otro extremo.

El punto donde hubo mayor irradiación fue el punto 9 con 159.3 luxes y el menor fue el punto 11 con 117.5, ubicados en extremos diferentes, lo cual verifica la incidencia y grado en que afectó la cercanía de la pared sobre las mediciones ya que la diferencia entre un punto y otro fue de 41.8 luxes.

**Tabla 17. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

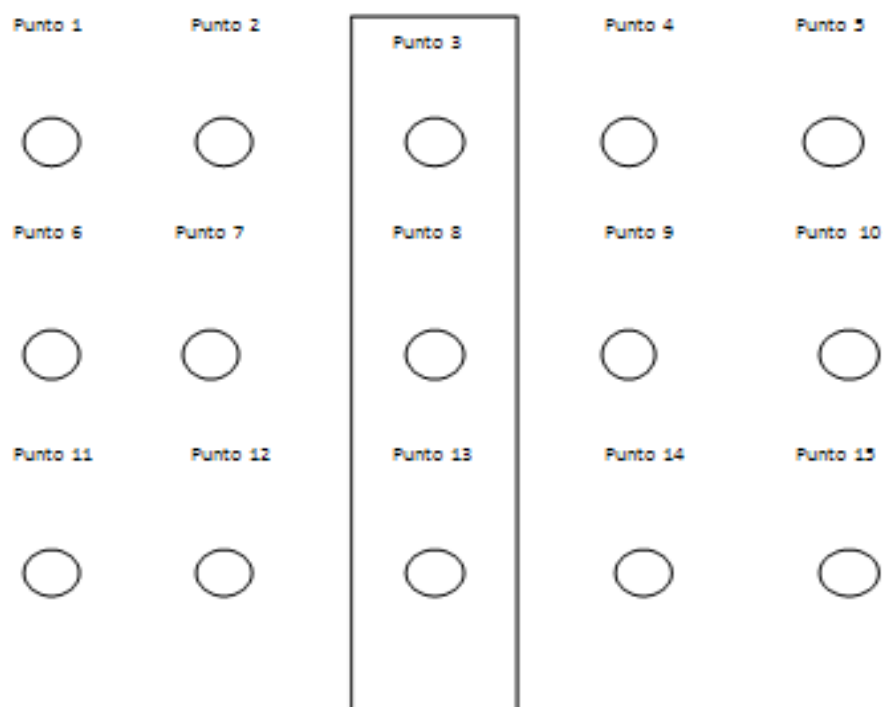
<b>FLUJO LUMINOSO MAYOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>159.3</b>	<b>56.66</b>	<b>2.81</b>

**Tabla 18. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO MENOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>117.5</b>	<b>56.66</b>	<b>2.07</b>

**Tabla 19. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>137.54</b>	<b>56.66</b>	<b>2.42</b>



**Figura 32. PUNTOS DE MEDIDA LUMINARIA CONVENCIONAL**

#### 7.4.2. MEDICIÓN LUMINARIA CON PARÁBOLA DE 27 CM

**Tabla 20. DATOS MEDICIÓN LUMINARIA PARÁBOLA DE 27 CM DE DIÁMETRO**

<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA ACTIVA (W)</b>	<b>POTENCIA REACTIVA (Var)</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
<b>128</b>	<b>0.3</b>	<b>37.5</b>	<b>2.5</b>	<b>37.5</b>

Esta medición se realizó al diseño de la parábola de diámetro equivalente a 27 cm, en el cual se colocó un tubo T5 de 28 vatios, y 1.15 metros de largo, que atravesaba la parábola en su foco permitiendo una mayor incidencia de los rayos emitidos.

Se necesito hacerle cuatro bucles al conductor en el que se estaba midiendo ya que la corriente era muy pequeña y la pinza no mostraba los valores deseados. Por lo tanto este valor ya ha sido dividido entre en mismo número de bucles que se hicieron, es decir, entre cuatro (4).

Estas potencias también han sido divididas en cuatro (4), por las mismas condiciones de la corriente al momento de la medición.

**Tabla 21. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO**

<b>PUNTOS</b>	<b>LUX</b>
<b>1</b>	77
<b>2</b>	126
<b>3</b>	400
<b>4</b>	300
<b>5</b>	94
<b>6</b>	75
<b>7</b>	130
<b>8</b>	414
<b>9</b>	290
<b>10</b>	106

Cada punto está separado 50 cm, la ubicación de los puntos se puede apreciar en la figura 35, siendo los puntos 3 y 8 los puntos centrales, es decir, los que están debajo de la lámpara.

La altura a la cual se instaló la lámpara fue de 230 centímetros de la superficie.

El promedio de luxes emitidos fue de 201.2.

En este caso también debe mencionarse que los puntos laterales 4, 5, 9, y 10, de este diseño, también presenta mayor irradiación de luz por la misma situación del caso anterior, en donde la pared reflejaba los luxes que llegaban a ella en comparación con los puntos 1, 2, 6, 7, 11, 12 en donde punto por punto los valores son mayores en unos que en otros.

Se nota que los puntos centrales son ampliamente mayores que los demás al igual si se le compara con los otros diseños pero la intensidad lumínica se va perdiendo al alejarse del centro de la lámpara hasta el punto de haber una diferencia entre el punto 8 y 6 de 339 luxes, dichos puntos son los de valores con mayor y menor cantidad de luxes emitidos con 414 y 75 luxes respectivamente.

**Tabla 22. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

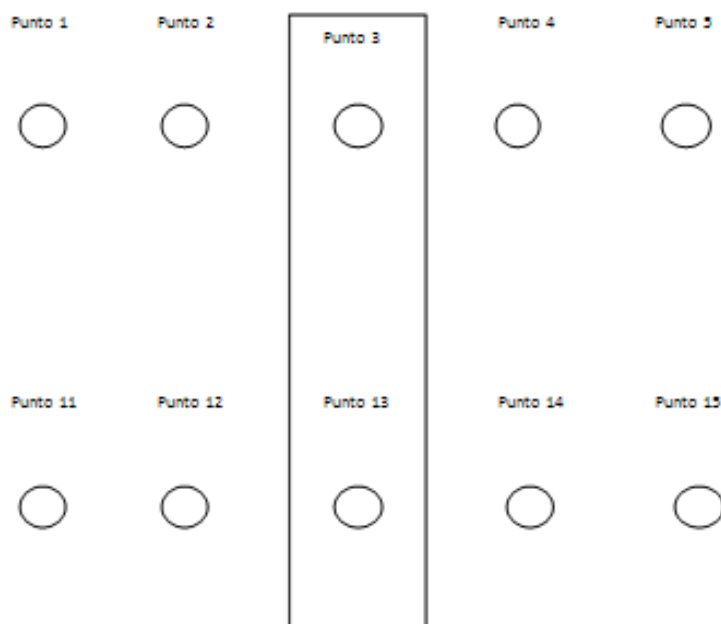
<b>FLUJO LUMINOSO MAYOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>414</b>	<b>37.5</b>	<b>11.04</b>

**Tabla 23. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO MENOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>75</b>	<b>37.5</b>	<b>2</b>

**Tabla 24. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>201.2</b>	<b>37.5</b>	<b>5.36</b>



**Figura 33. PUNTOS DE MEDIDA LUMINARIA PARÁBOLA DE 27 CM DE DIÁMETRO**

#### **7.4.3. MEDICION LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA REFLECTORA DE ACERO**

**Tabla 25. DATOS MEDICIÓN CON LUMINARIA CONVENCIONAL CON LÁMPARA REFLECTORA DE ACERO**

<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA ACTIVA (W)</b>	<b>POTENCIA REACTIVA (Var)</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
<b>128</b>	<b>0.3</b>	<b>37.5</b>	<b>2.5</b>	<b>37.5</b>

Esta medición se realizó al diseño convencional al cual se le habían hecho las primeras pruebas pero con la diferencia que se reemplazó la lámina reflectora que esta traía por

otra de sus mismas características pero del mismo material con el que se diseñó la parábola de la prueba anterior para comparar los datos obtenidos en una y otra prueba.

**Tabla 26. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO**

<b>PUNTOS</b>	<b>LUX</b>
<b>1</b>	109
<b>2</b>	113
<b>3</b>	109
<b>4</b>	119
<b>5</b>	114
<b>6</b>	116
<b>7</b>	123
<b>8</b>	118
<b>9</b>	134
<b>10</b>	128
<b>11</b>	108
<b>12</b>	111
<b>13</b>	110
<b>14</b>	131
<b>15</b>	135

Cada punto está separado 50 centímetros el uno del otro como en las pruebas anteriores siendo los puntos 3, 8, y 13 los puntos que estaban ubicados justamente debajo de la lámpara estudiada.

El promedio de luxes emitidos por este diseño fue de 118.53, el consumo es el mismo del diseño anterior ya que este también fue puesto a prueba con un solo tubo T5 de 28 vatios. Aquí también hubo incidencia de la pared mencionada anteriormente.



El punto con mayor cantidad de luxes fue el punto 15 con 135 luxes y el menor fue el punto 1 con 109 luxes.

**Tabla 27. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

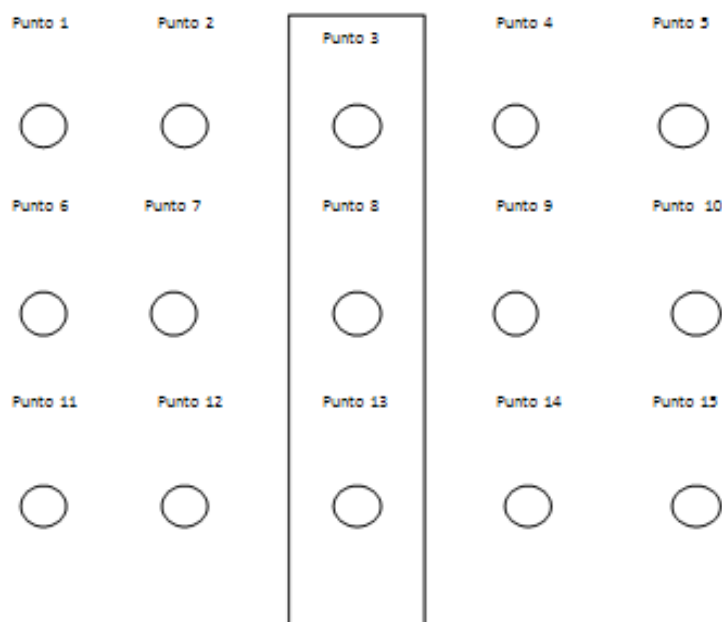
<b>FLUJO LUMINOSO MAYOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>135</b>	<b>37.5</b>	<b>3.6</b>

**Tabla 28. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO MENOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>109</b>	<b>37.5</b>	<b>2.90</b>

**Tabla 29. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
<b>118.53</b>	<b>37.5</b>	<b>3.16</b>



**Figura 34. PUNTOS DE MEDIDA LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA REFLECTORA DE ACERO**

#### **7.4.4. MEDICIÓN LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA REFLECTORA DE ACERO 2X28 W T5**

**Tabla 30. DATOS MEDICIÓN LUMINARIA CONVENCIONAL CON LAMINA DE ACERO CON TUBOS 2X28 T5**

<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>	<b>POTENCIA ACTIVA (W)</b>	<b>POTENCIA REACTIVA (Var)</b>	<b>POTENCIA APARENTE (VA)</b>
<b>128.9</b>	<b>0.46</b>	<b>60</b>	<b>3.33</b>	<b>60</b>

Esta medición se realizó al diseño convencional con la lámina reflectora que se le había colocado en la prueba anterior, es decir, del mismo material con el que se ha venido trabajando pero con dos tubos T5 de 28 vatios.

Como en pruebas anteriores se tuvo la necesidad de hacer tres bucles al conductor para que el instrumento lograra medir los valores deseados. Por ende el valor de la corriente fue dividido en tres (3).

Las potencias fueron divididas en tres (3) también por el mismo caso de la corriente.

**Tabla 31. RELACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDIDA DEL LUXÓMETRO**

<b>PUNTOS</b>	<b>LUX</b>
<b>1</b>	215
<b>2</b>	237
<b>3</b>	215
<b>4</b>	263
<b>5</b>	229
<b>6</b>	232
<b>7</b>	253
<b>8</b>	238
<b>9</b>	290
<b>10</b>	271
<b>11</b>	203
<b>12</b>	222
<b>13</b>	220
<b>14</b>	269
<b>15</b>	257

Cada punto está separado a una distancia de 50 centímetros y las mediciones tiene las mismas características que las pruebas anteriores, el promedio de luxes emitidos en los

15 puntos medidos es de 240.93, siendo el punto 9 el de mayor iluminación con 290 luxes y el punto 11 fue el de menor valor en luxes con 203.

**Tabla 32. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MAYOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

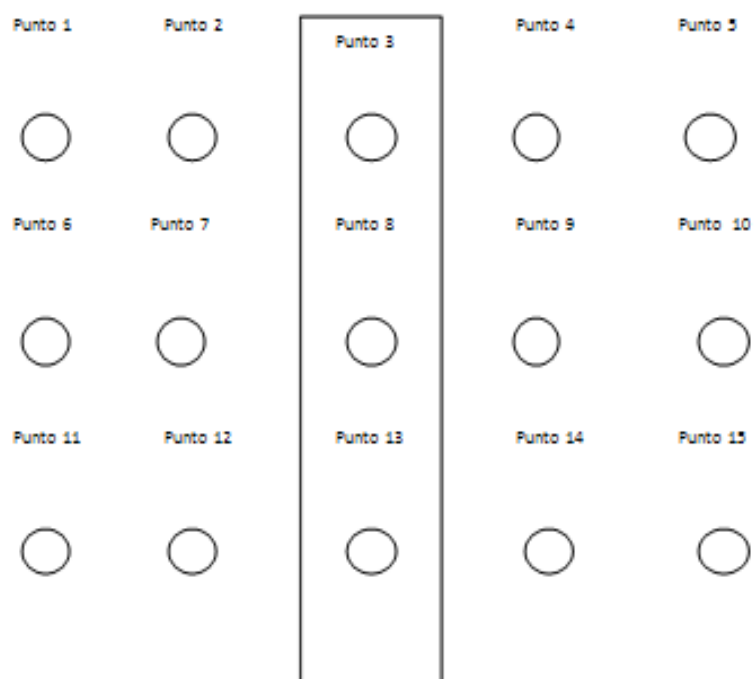
<b>FLUJO LUMINOSO MAYOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
290	60	4.83

**Tabla 33. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PUNTO CON MENOR CANTIDAD DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO MENOR (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
203	60	3.38

**Tabla 34. RELACIÓN ENTRE LA POTENCIA CONSUMIDA Y EL PROMEDIO DE LUXES EMITIDOS**

<b>FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)</b>	<b>POTENCIA CONSUMIDA (W)</b>	<b>EFICACIA (Lx/W)</b>
240.93	60	4.01



**Figura 35. Puntos De Medida Luminaria Convencional Con Lamina De Acero Con Tubos 2x28 T5**

## 8. ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS

Para expresar los niveles de iluminación cualitativamente se toma como referencia elementos definidos en el RETILAP – Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público el cual está alineado con normas internacionales como IEEE, NEC en donde se pueden definir las siguientes características

Tabla 35. TABLA DE COMPARACIONES

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS	COMENTARIOS
1	Lámpara convencional 2x32 tipo T8 con balastro electrónico	56.66	137.54	2.42	Se podría conseguir una mayor iluminación modificando en algo el diseño
2	Lámpara diseñada parábola de 27 cm de diámetro	37.50	201.2	5.36	La iluminación está justo debajo de la lámpara, recomendable en lugares de trabajos minuciosos
3	Lámpara convencional con lámina de acero un tubo T5 de 28 vatios balastro electrónico	37.52	118.53	3.16	Aunque el promedio de luxes es menor del diseño convencional la eficacia aumento
4	Lámpara convencional con lámina de acero 2x28 T5 balastro electrónico	60.00	240.93	4.01	Se logró una mayor eficacia solo con cambiar la lamina reflectora, y el consumo fue menor

**Tabla 36. NIVELES DE ILUMINACION SUGERIDOS (Curso “Conceptos De Iluminación” ING. EDUARDO TIRAVANTI)**

<b>Tipo de Recinto</b>	<b>Iluminancia</b>	<b>Tipo de recinto</b>	<b>Iluminancia</b>
Auditoriums: Asambleas Exposiciones	150 300 -500	Supermercados: Góndolas Pasillos Estanterías refrigeradas Cajas	1000 500 1500 750
Bancos: General Zonas Trabajo Cajas, regsitros, claves	500 700 1200 -1500	Galerías de Arte: General Sobre pinturas Sobre esculturas	300 500 –700 1000 –1500
Bodegas y Almacenes Con poca actividad	50 -100		
Activos: Embalaje basto Embalaje medio Embalaje fino	100- 500 200 –300 500 - 700	Garajes y Estacionamientos: Zonas de reparaciones Zonas de Tráfico activo Pistas y rampas	1000 200 100
Escuelas: Lecturas de impresos Lecturas textos lapiz Salas de dibujo Bancos de Trabajo	300-400 700 1000 1000	Tiendas: Vitrinas, general Zonas de circulación Estanterías, servicio normal Autoservicios	1000 – 2000 200 750 – 1000 1500 - 2000

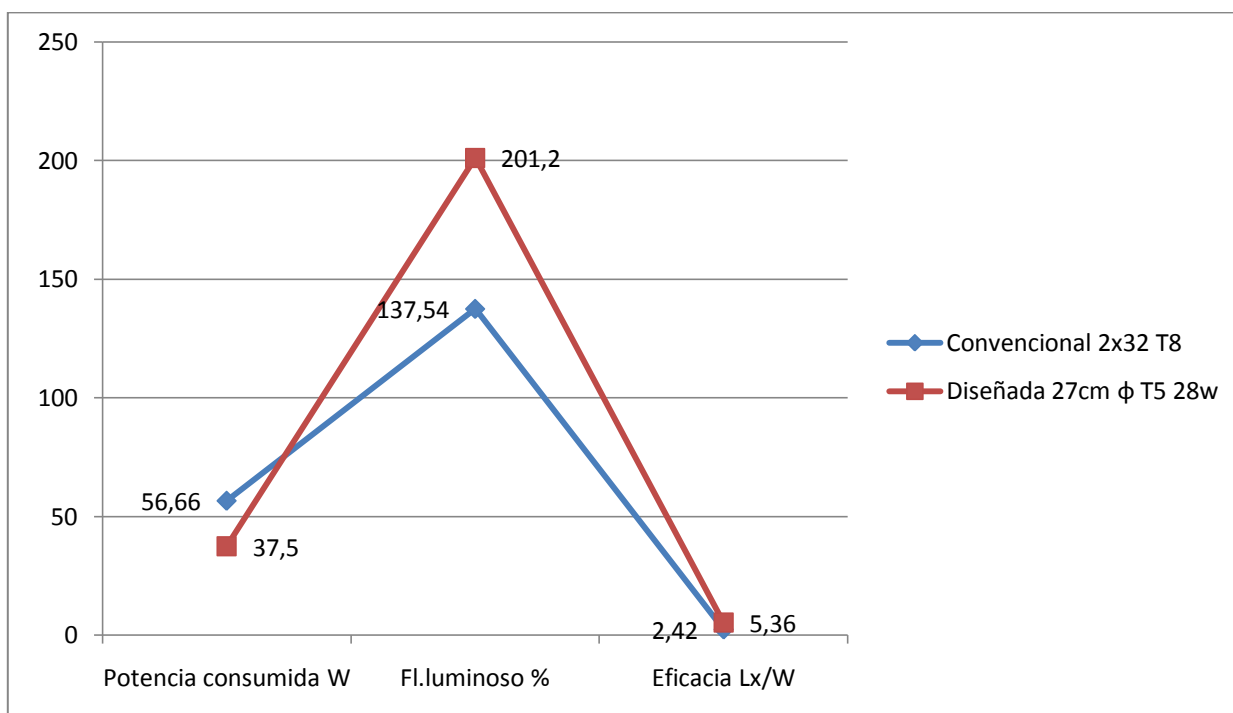
**Tabla 37. NIVELES DE ILUMINACION SUGERIDOS (Curso “Conceptos De Iluminación” ING. EDUARDO TIRAVANTI)**

Tipo De Recinto	Iluminancia Lux	Tipo de Recinto	Iluminancia Lux
Residencias:		Hoteles:	
Cocinas y superficies de trabajo	700	Cuartos de baño	150
Vestíbulo y halls	100	En el espejo	300 –500
Cuartos de estar	150	Dormitorios, general	100
Escaleras	100-200	Tocador	300 – 500
Comedores	150-300	Vestíbulo	300
Dormitorios	100	Recepción	500
Cabeceras de cama	300 -400		
Oficinas:		Hospitales:	
Trabajo normal	400-600	Habitaciones,general	100-200
Uso de archivos	800-1000	Salas consulta	200
Contabilidad	800-1000	Mesas reconocimiento	1000
Salas de dibujo	1500	Salas Urgencia	1000
Secretarias	500 – 600	Salas Operaciones	25000
Espera	200 – 400		
Ascensores	150 - 200	Restaurantes:	
		Comedores tipo íntimos	100
		Comedores de tipo general	200
			100



**Tabla 38. Comparación Lamina convencional 2x32 T8 y Lámpara diseñada con parábola de 27cm diámetro 1x28 W T5**

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS
1	Lámpara convencional 2x32 tipo T8 con balastro electrónico	56.66	137.54	2.42
2	Lámpara diseñada parábola de 27 cm de diámetro con un tubo T5 de 28 vatios	37.50	201.2	5.36



**Grafica 1. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5**

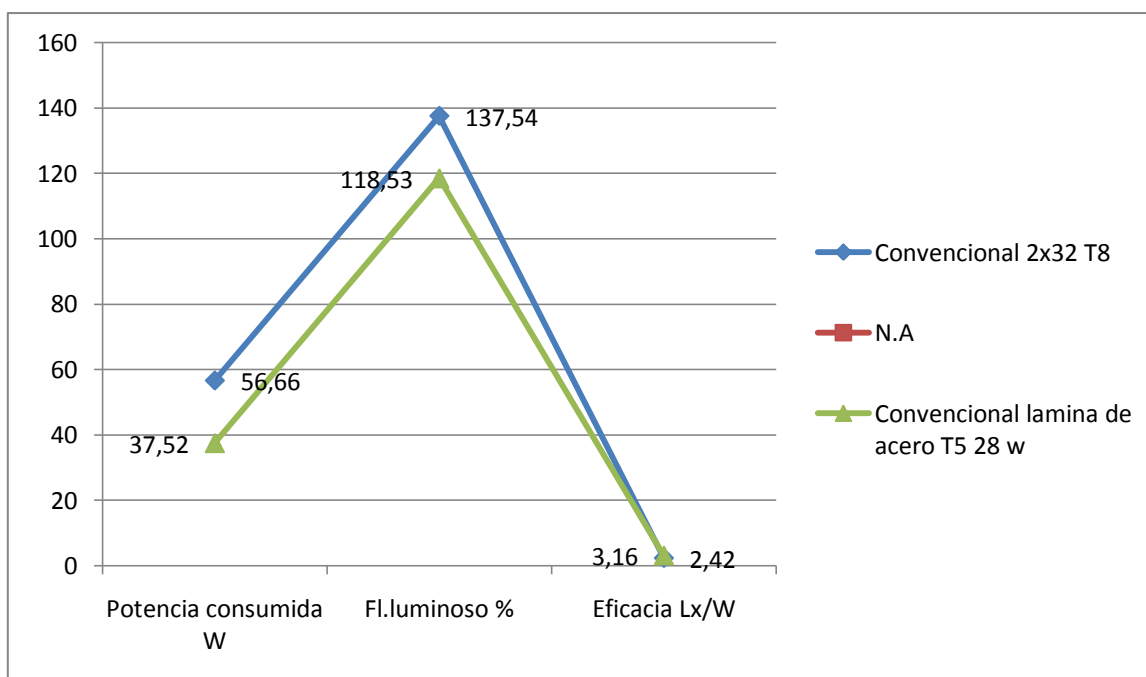
Comparando estos dos tipos de lámparas se puede observar que el diseño convencional con el que se ha venido trabajando y se toma como referencia en las diferentes pruebas tiene un mayor consumo que la lámpara diseñada con una diferencia de hasta casi 20 vatios, no obstante el flujo luminoso promedio es mayor en la lámpara diseñada con la parábola que en la convencional, obteniendo una diferencia de mas de 60 luxes y una eficacia de 5.36 luxes/vatios contra el 2.42 de la lámpara convencional.

Hay que resaltar que los niveles de luxes en la lámpara convencional eran más cercanos entre cada punto que en la otra luminaria, ya que entre el nivel mayor y el nivel menor de luxes emitidos hubo una diferencia de 41.8, en cambio en la luminaria de la parábola la diferencia entre estos puntos fue de hasta 337 luxes, lo que muestra que en esta ultima luminaria si hubo mayor iluminación pero a la vez estuvo concentrada sobre unos puntos mas que en otros.

Por ello este tipo de diseño podría ser utilizado en lugares en donde el trabajo es minucioso y necesita de iluminación adecuada y exigente, ya que el consumo es bajo y los niveles de luxes altos. La iluminación estaba concentrada justo debajo de la luminaria debido a la reflexión proporcionada por la forma del diseño y el material con el que se trabajo.

**Tabla 39. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 1x28 W T5**

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS
1	Lámpara convencional 2x32 tipo T8 con balastro electrónico	56.66	137.54	2.42
3	Lámpara convencional con lámina de acero un tubo T5 de 28 vatios balastro electrónico	37.52 <sup>o</sup>	118.53	3.16



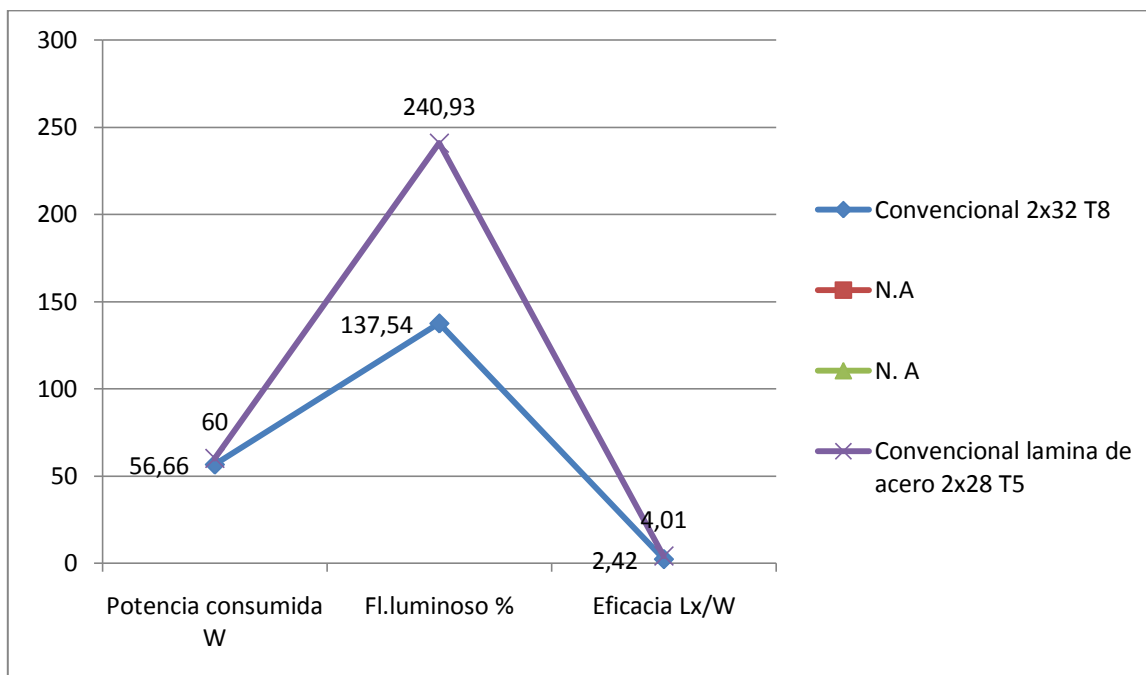
**Grafica 2. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 1x28 W T5**

Entre estos tipos de luminarias el flujo luminoso promedio fue más cercano, los niveles de iluminación entre punto y punto se asemejaban mucho en sus valores, ya que la diferencia no era tan excesiva como en el caso de la luminaria del diseño con la parábola.

Por otro lado los valores en luxes/vatios también fueron cercanos siendo la luminaria instalada con la lámina de acero la de mayor eficacia entre ambas, solo cambiando la lámina reflectora que tenía anteriormente la luminaria por una con propiedades que ayudo a mejorar el rendimiento, pero con la diferencia que tanto en la lámpara convencional de 2x32 tipo T8, como en la lámpara convencional con la lámina de acero tuvieron el mismo consumo que en la comparación anterior, es decir aunque hubo una eficacia muy parecida pero el consumo en una fue menor que en la otra proporcionando un ahorro significativo.

**Tabla 40. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 2x28 W T5**

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS
1	Lámpara convencional 2x32 tipo T8 con balastro electrónico	56.66	137.54	2.42
4	Lámpara convencional con lámina de acero 2x28 T5 balastro electrónico	60.00	240.93	4.01



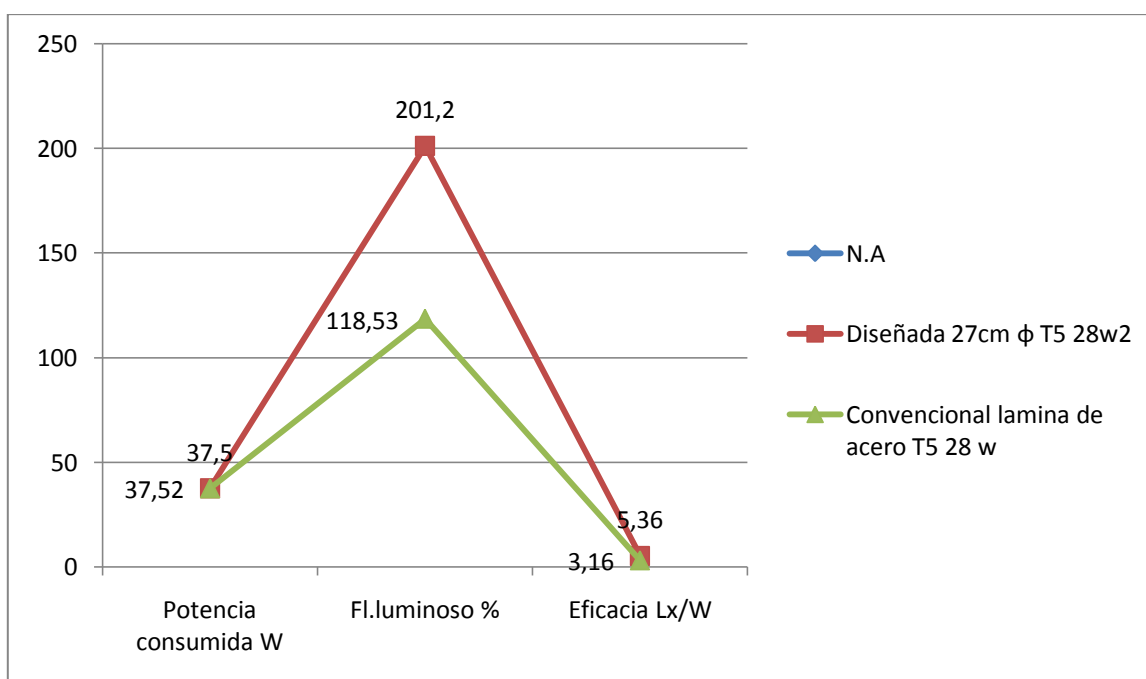
**Grafica 3. Comparación Lamina Convencional 2x32 T8 Y Lámpara Convencional Lamina De Acero 2x28 W T5**

Estos dos tipos de luminarias tienen en común el mismo número de tubos en cada lámpara diferenciándose por el tamaño y la potencia consumida, aunque esta no es muy desigual la una de la otra. Sin embargo el flujo lumínico si lo es obteniendo una diferencia de hasta 100 luxes entre la lámpara convencional tipo T8 y la tipo T5, por ende como la potencia consumida no fue muy aproximada entre las dos la eficacia fue mayor en la lámpara convencional con acero 2x28 T5.

Dado que la iluminación de este tipo de lámpara es más eficiente, punto por punto de medición se nota la diferencia que existe en los niveles de luxes que se midieron, obteniendo mayor iluminación casi que con la misma potencia de la lámpara convencional tipo T8.

**Tabla 41. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5**

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS
2	Lámpara diseñada parábola de 27 cm de diámetro	37.50	201.2	5.36
3	Lámpara convencional con lámina de acero un tubo T5 de 28 vatios balastro electrónico	37.52	118.53	3.16



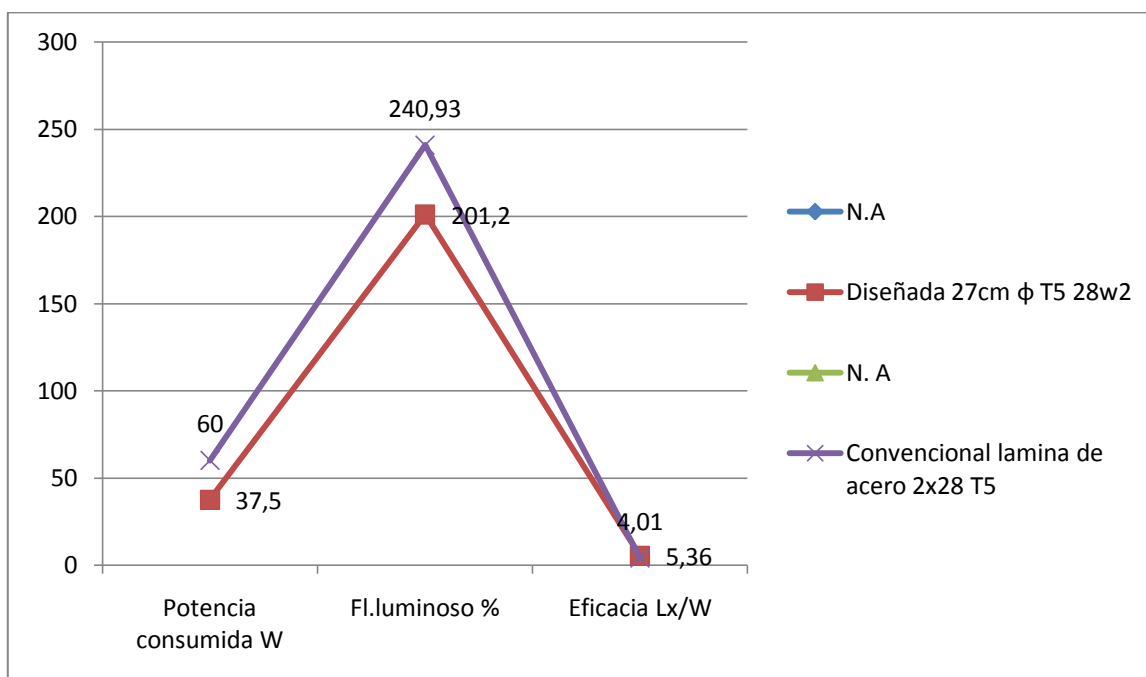
**Grafica 4. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5**

Entre estos tipos de lámparas fueron instalados el mismo tipo y número de tubos, es decir consumieron la misma potencia, pero gracias al diseño de la luminaria con la

parábola los luxes obtenidos fueron mayores en una que en otra así como la eficiencia, pero cabe resaltar que la concentración de luz y la uniformidad de los niveles de luxes fueron diferentes ya que en la luminaria de la parábola la luz estaba concentrada justo debajo del centro de la lámpara, y los puntos laterales tenían poca incidencia de iluminación, en cambio en el otro caso la luminosidad estuvo más repartida.

**Tabla 42. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5**

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS
2	Lámpara diseñada parábola de 27 cm de diámetro	37.50	201.2	5.36
4	Lámpara convencional con lámina de acero 2x28 T5 balastro electrónico	60.00	240.93	4.01



**Grafica 5. Comparación Lámpara Diseñada Con Parábola De 27cm Diámetro 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5**

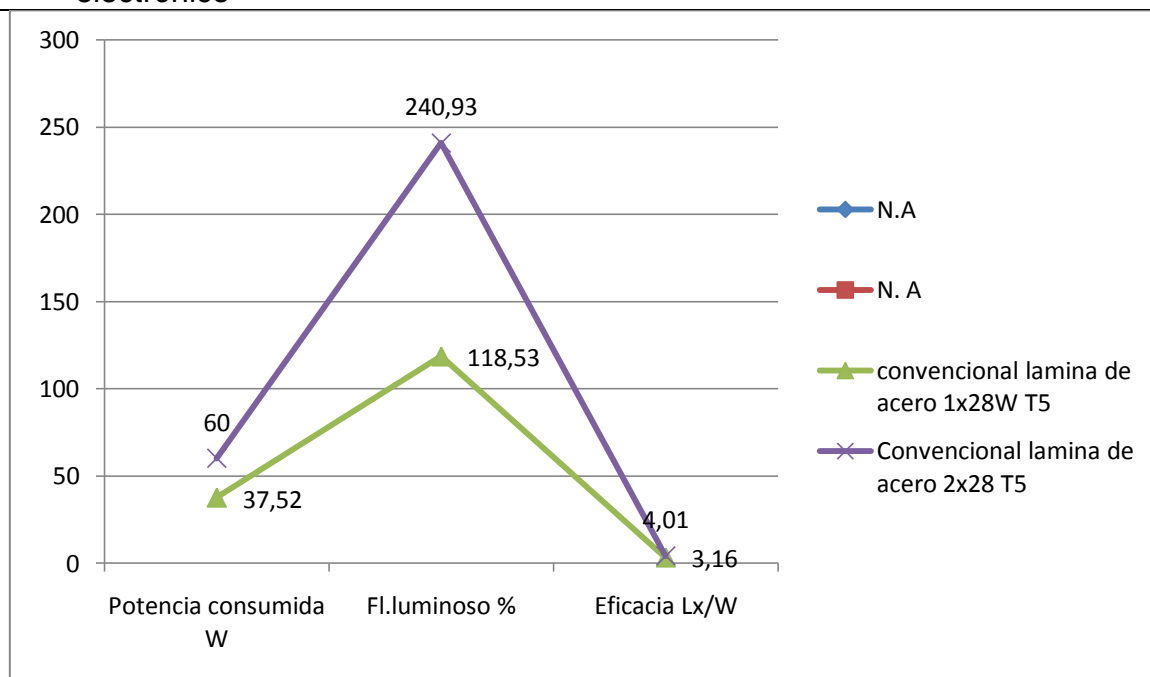
Aunque se ve claramente que la luminaria convencional la potencia que consume es mayor y el flujo luminoso también lo es, la eficacia tiende a ser menor que en la otra luminaria pero con la diferencia de que la cantidad de luxes en cada punto de medición es más aproximado en la lámpara convencional.

Este tipo de luminaria es más recomendado en ambientes en los cuales se necesite de iluminación uniforme para todo el recinto en donde esté instalada para que existan sombras en unos puntos más que en otros.



**Tabla 43. Comparación Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5**

ITEM	CONFIGURACION	POTENCIA CONSUMIDA (w)	FLUJO LUMINOSO PROMEDIO (Lx)	EFICACIA LUXES/VATIOS
3	Lámpara convencional con lámina de acero un tubo T5 de 28 vatios balastro electrónico	37.52	118.53	3.16
4	Lámpara convencional con lámina de acero 2x28 T5 balastro electrónico	60.00	240.93	4.01



**Grafica 6. Comparación Lámpara convencional con lamina de acero 1x28 W T5 y Lámpara convencional con lamina de acero 2x28 W T5**

En esa comparación hubo una diferencia significativa entre el flujo luminoso promedio de ambas pero sin omitir que la eficacia alcanzada por ambas fue un poco cercana,



aunque la potencia consumida por la luminaria convencional con lámina de acero 2x28 T5 obtuvo un consumo mayor que la lámpara convencional con lámina de acero un tubo T5 de 28 vatios, en este caso la luminaria de mayor consumo tuvo una mayor eficiencia pero teniendo en cuenta que la luminaria con menor consumo y menor cantidad de flujo luminoso producido obtuvo una eficacia muy parecida a esta.

## 9. CONCLUSIONES

Luego de hacer las Mediciones y análisis para conseguir la relación de los vatios consumidos por los lúmenes producidos más eficientes con los diseños que se plantearon, apreciamos que en cada luminaria con la que se desarrollo el proyecto se pudieron visualizar los ahorros que se pueden obtener en el sistema de iluminación al variar las características constructivas de las mismas.

En la tabla de comparación se detalla que la eficacia de menor rubro fue la de la luminaria convencional de tubos T8, siendo además la luminaria del segundo mayor consumo energético en W entre ellas.

Al apreciar el valor de la eficacia de la luminaria diseñada con la parábola o luminaria No.2 se observa que presenta el mayor rubro y el consumo es menor que la obtenida en la luminaria No. 1, Y sin ignorar que el flujo luminoso estuvo concentrado por debajo de la lámpara.

El sistema mejora cuando se experimento con la luminaria que poseía la lámina reflectora de acero y los dos tubos T5, aunque esta fue la de mayor consumo energético, no es demasiada la diferencia con la luminaria convencional y la eficacia obtenida es casi el doble, además el promedio del flujo luminoso fue 100 luxes más que la misma.

Hoy en día cualquier método utilizado, luego de un análisis y un estudio, que brinda oportunidades para conseguir ahorros e incrementar la eficiencia, es mirado con buenos ojos.

En el sector comercial hay innumerables alternativas en las cuales se podrían aplicar los conceptos de eficiencia y uso racional de la energía. En este caso, la iluminación,



que es una de las áreas en donde el consumo supera un porcentaje que puede pasar como inadvertido o no significativo, existen oportunidades en la implementación de nuevos diseños con los materiales adecuados y la tecnología necesaria, para alcanzar metas energéticas.

Después del estudio realizado en el presente proyecto se obtuvo con resultados sostenibles que se puede incrementar la eficiencia en alrededor de un 80% con prácticamente el mismo consumo de energía, o también se puede mantener la misma eficiencia pero consumiendo un 50% menos del consumo que se venía efectuando.

El punto de inicio de estas implementaciones son la parte en la cual se duda si realizar o no nuevos diseños y aplicar nuevas tecnologías, porque su costo de inversión es alto en comparación con los sistemas que se manejan, pero el retorno de la inversión es rápido y el ahorro muy sostenible a lo largo del tiempo tanto de manera económica como ambiental.

## 10. REFERENCIAS

- [1] Comité Español De Iluminación CEI., instituto De Diversificación Y Ahorro De La Energía IDAE. Eficiencia y ahorro energético “*guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Oficina*”. Publicaciones Tecnicas IDEA. Madrid., Marzo 2001.
- [2] <http://www.grupoprevenir.es/prl/index.php/etiqueta/ergonomia>
- [3] <http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/magnitud.html>
- [4] <http://lafsicaylaquimica.blogspot.com/>
- [5] <http://www.construsur.com.ar/News-sid-98-file-article-pageid-4.html>
- [6] [http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art\\_Interests/ConBasLum.pdf](http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/InstalacionesIndustriales/Art_Interests/ConBasLum.pdf)
- [7] <http://cesarminaya-cesarminaya.blogspot.com/p/iluminacion-principios-basicos.html>
- [8] Consultoría y Servicios en Tecnologías Eficientes S.A. de C.V., Ahorro de Energía en Iluminación
- [9] Guía Técnica sobre la visión en Iluminación 1 parte  
[http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra366\\_07.pdf](http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra366_07.pdf)
- [10] Guía Técnica sobre la visión en Iluminación 3 parte  
[http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra368\\_09.pdf](http://www.citop.es/PubPDF/Cimbra368_09.pdf)

- [11] <http://www.electromagazine.com.uy/anteriores/numero13/audi13.htm>
- [12] ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 23 OCTUBRE DE 2009  
“HISTORIA DE LA ILUMINACION”- ANDRES ANTONIO GIL MARTIN
- [13] <http://www.contarconelfutbol.es/edison-inventa-la-lampara-electrica/>
- [14] <http://www.google.com.co/imgres?q=L%C3%A1mpara+de+AIM%C3%89+ARGA+ND&um=1&hl=es&client=firefox-a&rls=org.mozilla:es-ES:official&channel=np&tbn=isch&tbnid=duGfI9D-belVYM:&imgrefurl=http://lampara-nsspa-92.blogspot.com/2010/07/evolucion-de-la-lampara.html&docid=Y-ZJTGeWjNDA7M&w=555&h=479&ei=bxtXTq-2KoaatwfLwsSeDA&zoom=1&iact=hc&vpx=442&vpy=85&dur=388&hovh=209&hovw=242&tx=170&ty=86&page=1&tbnh=158&tbnw=184&start=0&ndsp=19&ved=1t:429,r:1,s:0&biw=1366&bih=635>
- [15] <http://www.archiexpo.es/prod/anglepoise/lamparas-para-escriptorio-de-diseno-50531-235169.html>
- [16] Conceptos de Iluminación, Ingeniero CIP Eduardo Tiravanti, [www.stilar.net](http://www.stilar.net)
- [17] Recomendaciones de niveles de iluminación en edificios no residenciales. Una comparación internacional. Laboratorio de ambiente humano y vivienda (lahv)- instituto de ciencias humanas sociales y Ambientales (incihusa) cricyt-conicet. <http://www.cricyt.edu.ar/>
- [18] Iluminación tubular a través de Domos Tubulares Solatube [www.solatube.com.mx](http://www.solatube.com.mx)



**ANEXOS**

## INSTRUMENTOS DE MEDIDA



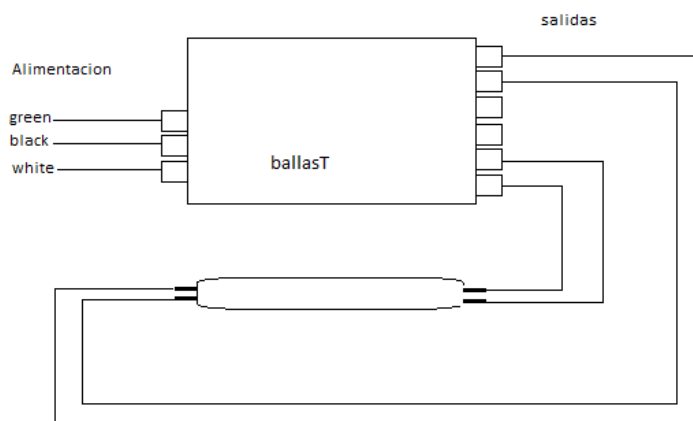
**Luxómetro digital UT-382 USB Interface Sleep Mode**



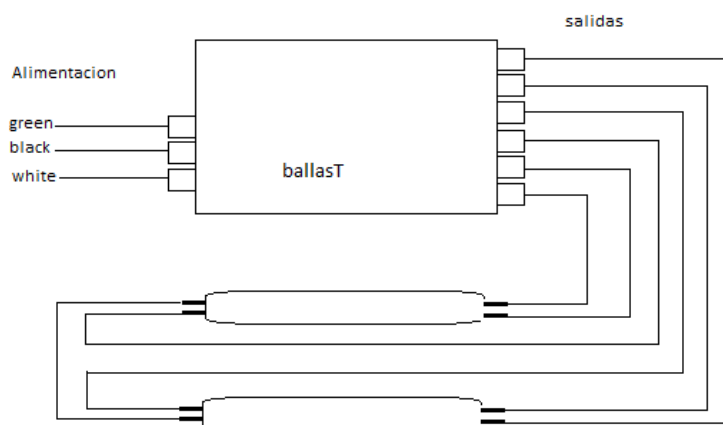
**Pinza voltiamperimétrica fluke**



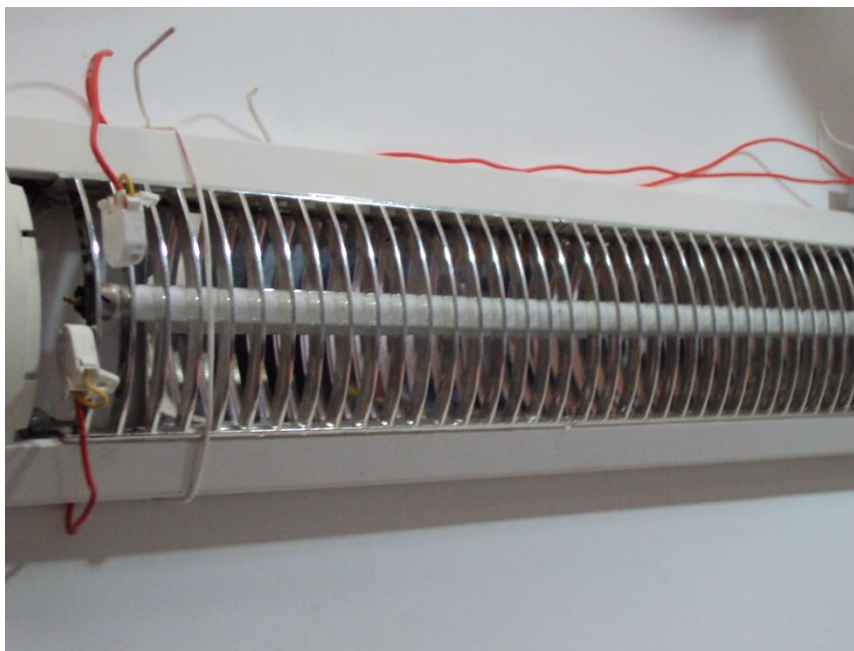
## CONEXIÓN DEL BALASTRO CON UNA SOLA LÁMPARA



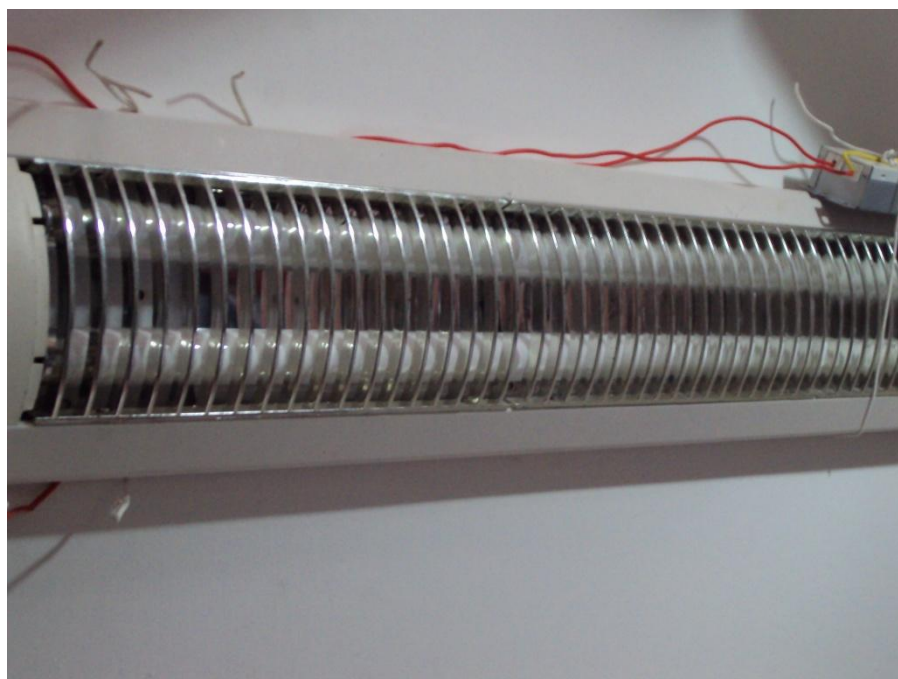
## CONEXIÓN DEL BALASTRO CON DOS (2) LÁMPARAS



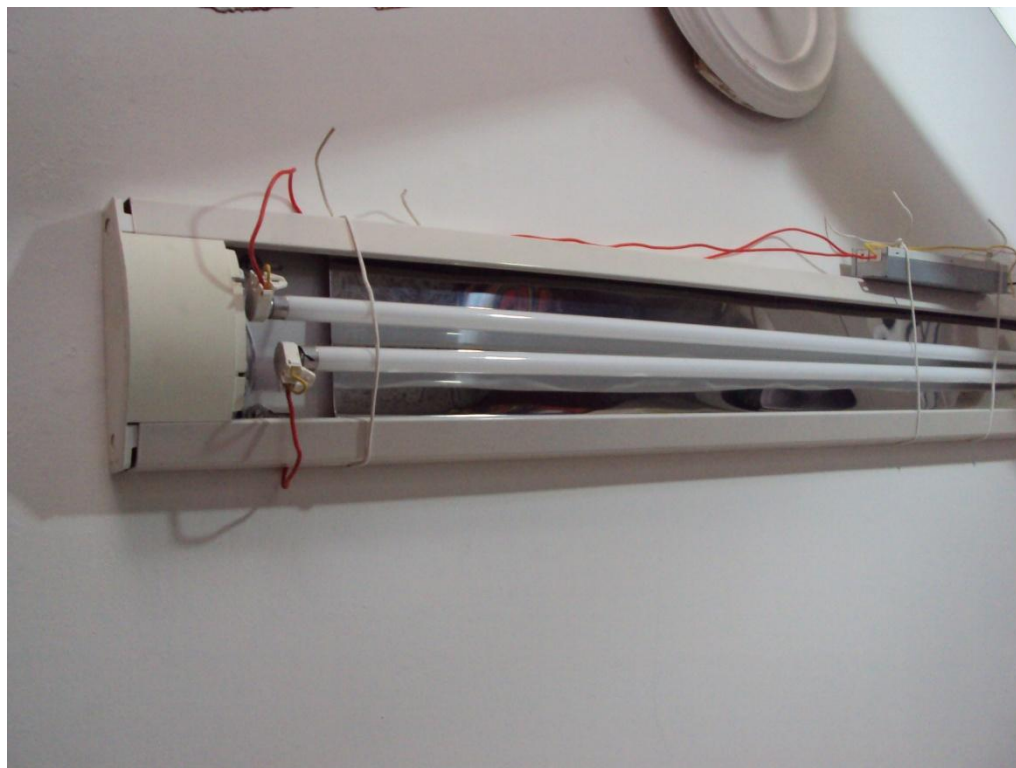
## MONTAJE DE PRUEBAS EN EL ÁREA



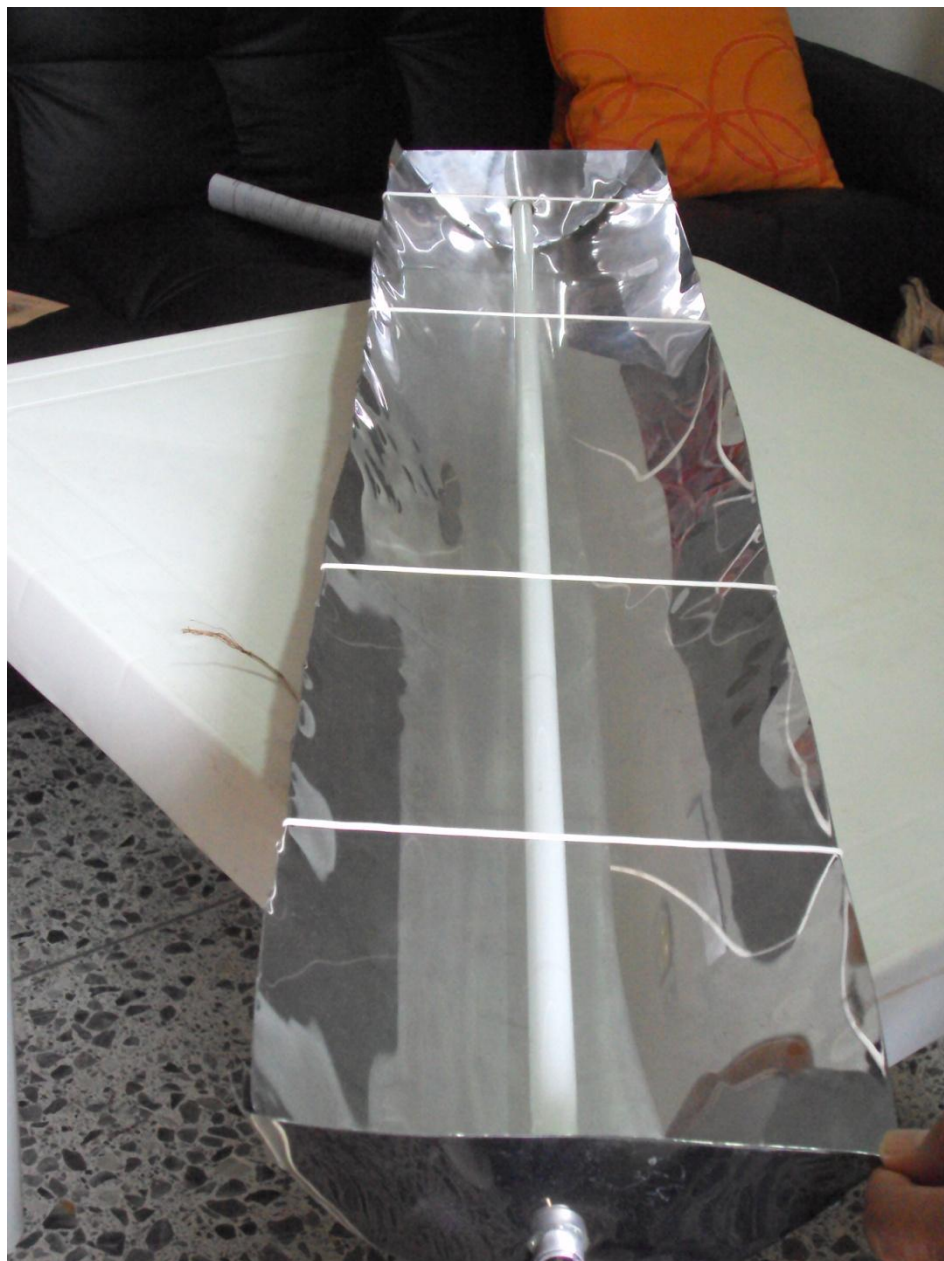
**Lámpara convencional con tubo T5**



**Lámpara convencional con tubo T8**



**Lámpara con lamina de acero con tubo T5 2x28 W**



**Lámpara diseñada parábola de 27 cm de diámetro con un tubo T5 de 28 W**